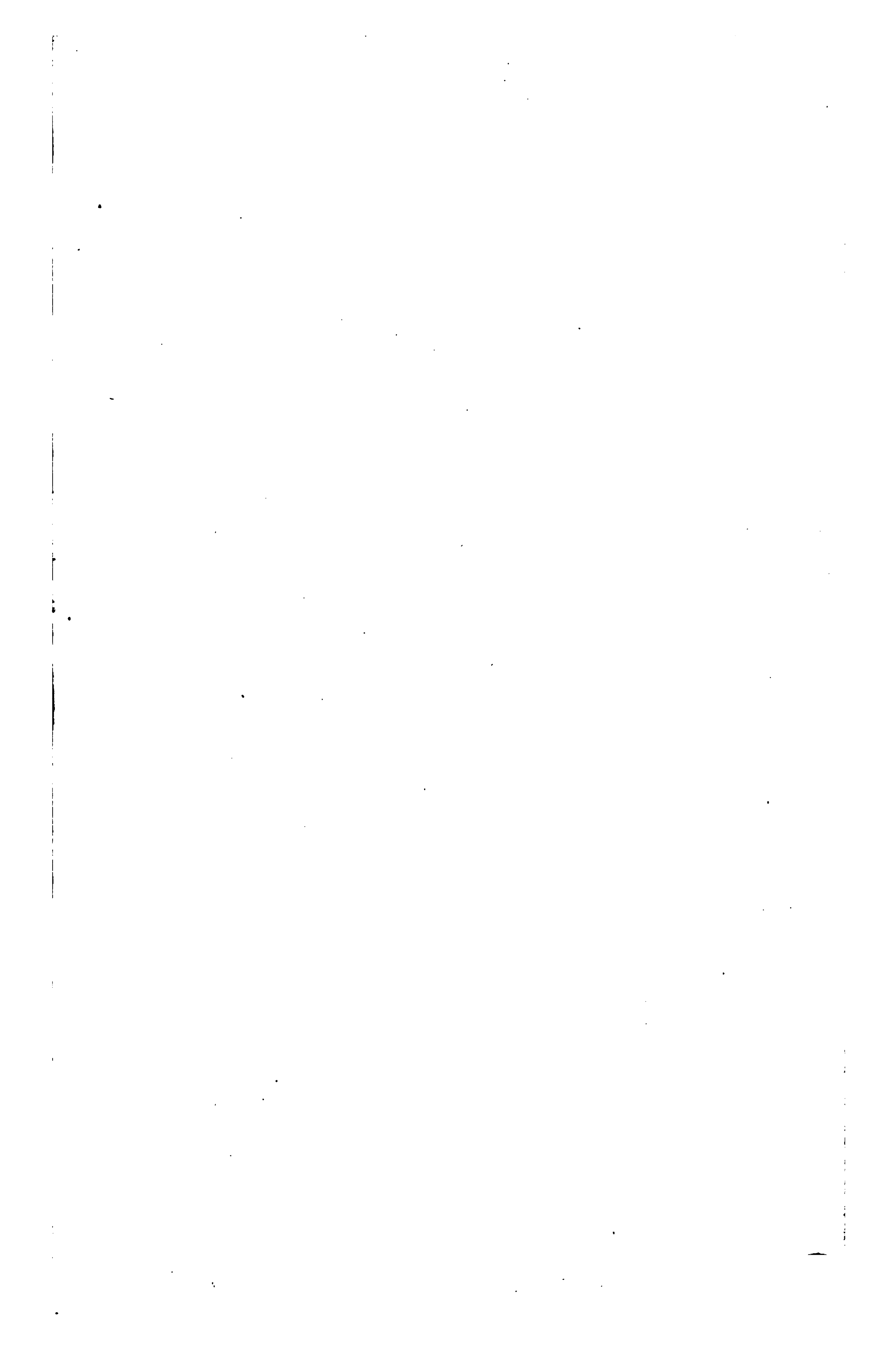




DIE

MIKROTECHNIK

DER

THIERISCHEN MORPHOLOGIE

EINE KRITISCHE DARSTELLUNG

DER

MIKROSKOPISCHEN UNTERSUCHUNGSMETHODEN

VON

DR. MED. STEFAN APÁTHY

Professor der Zoologie und vergleichenden Anatomie an der Universität Kolozsvár

ZWEITE ABTHEILUNG

LEIPZIG

VERLAG VON S. HIRZEL

1901.


HARVARD
UNIVERSITY
LIBRARY
OCT 29 1971

Vorrede zu der zweiten Abtheilung.

Es bedarf einer kleinen Erklärung, dass der vorliegende Theil meiner Mikrotechnik erst jetzt erscheint, dass er für sich allein erscheint und endlich dass er überhaupt erscheint. Daher diese provisorische Vorrede: ein larvales Organ meines noch in Entwickelung begriffenen Buches.

Je weiter ich in der Ausarbeitung der Mikrotechnik nach den Principien, die ich in der Einleitung zur ersten Abtheilung auseinander gesetzt hatte, vorgeschritten bin, um so mehr überzeugte ich mich davon, dass die bei weitem wichtigste Aufgabe einer rationellen Mikrotechnik der Zukunft die differenzirende färberische Isolirung sämmtlicher, in ihrer natürlichen Lage und Form festgehaltener histologischer Elemente ist.

Auf diese Weise soll ein jedes Granulum, eine jede Fibrille, Häutchen, Röhrchen, Bläschen oder sonstiges histologisches Element von beliebiger Art, wo sie sich auch in einem beliebigen Organismus befinden, durch charakterische Färbung (event. durch eine bestimmte Gruppe von Farbenreactionen) erkennbar und, in Betracht der vorhergegangenen Behandlung, von allen im mikroskopischen Bilde ähnlich geformten Elementen unterscheidbar sein. Die moderne Mikrotechnik soll uns in den Stand setzen, jederzeit zu erkennen, ob z. B. eine Fibrille oder ein Granulum ein im Leben vorgebildetes, specifisches oder ein zwar nicht beständiges, aber während des Lebens ad hoc gebildetes, oder ein zwar im Organismus spontan, aber nicht durch Lebensthätigkeit entstandenes Element oder endlich ein durch Fixirung, Färbung u. s. w. hervorgerufenes Kunstprodukt ist.

In der That können wir schon heute in den meisten Fällen sagen, ob eine Fibrille Myofibrille, Neurofibrille, Gliafibrille, Zug- oder Stützfibrille (nach M. Heidenhain Tonofibrille), collagene Fibrille, elastische Fibrille, ein Protoplasmafaden, beziehungsweise eine Cilie oder ein Flagellum, eine Strömungslinie, beziehungsweise ein Secretfaden, ein Fibrinfaden, eine nekrobiotische Coagulationsfibrille, ein durch Füllung eines Hohlraumes entstandenes fädiges Gebilde oder

ein fibrilläres Kunstproduct irgend welcher Art ist. Ebenso können wir sagen, ob ein Granulum ein Centriolum, ein Secretkörnchen, und dann noch was für Secret, oder ein Excretionsproduct oder ein anderes specifisches Granulum, ein Flüssigkeitstropfen, ein nekrobiotisches Körnchen oder ein Kunstproduct ist. Und zwar können wir dies auf Grund einer intensiven Färbung in ungefärbter oder kontrastreich anders gefärbter Umgebung, auf Grund einer Färbung, welche — ich betone es nochmals — für das betreffende Element nach einer bestimmten Vorbehandlung charakteristisch ist, und möge es noch so geringe Dimensionen besitzen, z. B. wie manche Neurofibrillen in meinen Präparaten, $^{1}/_{20}$ Mikron, 50 Millimikren Dicke, also den zehnten Theil der Wellenlänge des gelben Lichtes, nicht übersteigen.

Dabei hat die Fixirung lediglich zwei Pflichten zu erfüllen. Die eine ist, die natürliche Lage, Form und Dimensionen des betreffenden histologischen Elementes festzuhalten. Bald soll sie alle im lebenden Object vorhandenen Gebilde erhalten, bald nur gewisse Formelemente; in diesem Falle soll schon die Fixirung dazu beitragen, das, was überflüssig ist und die Beobachtung stört, aus dem Präparate zu entfernen. Die andere Pflicht der Fixirung ist, die erhaltenen Formelemente für eine charakteristische Farbenreaction vorzubereiten. Auch von der sonstigen, weiteren Behandlung kann man den wesentlichsten Zweck darin zusammenfassen, dass sie erstens jene Farbenreaction ermöglichen und zweitens deutlich und unverfälscht erkennbar machen soll. Zu dieser Erkennbarkeit trägt namentlich der richtige Einschluss des Präparates sehr viel bei.

Um aber die charakteristische Farbenreaction, oder überhaupt eine Färbung, besonders bei Elementen von geringen Dimensionen, richtig zu erkennen, dazu bedarf es, ausser dem guten Präparate, noch zweier Factoren. Der eine ist die passende Combination von an und für sich zureichenden Beobachtungslinsen. Der andere ist die richtige Beleuchtung.

Diese drei Factoren sind gleich wichtige Bedingungen einer erfolgreichen mikroskopischen Untersuchung.

Wie sie sich gestalten sollen, ist gegeben durch die Thatsache, dass die mikroskopische Beobachtung nur dann das Höchste erreicht, wenn ihr reine Absorptionsbilder des Objectes geboten werden. In jedem Falle solche zu bieten, sei die vornehmste Bestrebung der modernen Mikrotechnik. Und zwar aus zwei Gründen. Erstens weil nur das reine Absorptionsbild (in dem im vorliegenden Bande ent-

wickelten Sinne) vollkommen objectähnlich sein kann; zweitens weil die erwähnten charakteristischen Farbenreactionen nur im reinen Absorptionsbilde ganz ausgenützt werden können.

Historisch, kritisch und experimentell zu begründen, wie man gute Präparate herzustellen hat, d. h. solche, welche die mikroskopische Beschaffenheit unseres Gegenstandes nach allen Richtungen hin zu erschliessen gestatten: das war vom Anfang an der Hauptzweck dieses Werkes. Eingehend zu erörtern, wie man richtig beleuchtet und wie man richtig beobachtet, war sein ursprünglicher Zweck nicht. Mit dem, was ich in § 18 des ersten Theiles, mehr für den Anfänger, auseinandergesetzt habe, glaubte ich in dieser Hinsicht genug gethan zu haben.

Die Erfahrungen, die ich seither sammelte, zeigten, dass ich mich im Irrthum befand. Namentlich weiss man im Allgemeinen noch immer nicht, wie Präparate, die an und für sich geeignet wären, das zu Beobachtende im reinen Absorptionsbilde zu zeigen, zu beleuchten seien.

Ausser in meinem Institute in Kolozsvár, wo mich auch ausländische Fachgenossen aufzusuchen pflegen, und auf der zoologischen Station zu Napoli, hatte ich auf mehreren Versammlungen und Congressen vielfach Gelegenheit, zu sehen, wie Mikroskopiker vom Fach verschiedenster Länder beobachteten, als sie meine Präparate ansahn oder ihre eigenen demonstrirten. Die meisten begnügten sich mit dem Bewusstsein, dass das Mikroskop mit einem „Abbe“ versehen ist. Sie stellten einfach den Spiegel zurecht und versuchten zu sehen. Nur wenn das Gesichtsfeld zu nebelig war, zogen sie die Blende so weit zu, bis der Schleier verschwand und die Konturen recht schwarz hervortraten. Ein anderes Mittel gegen den Schleier versuchten nur sehr wenige.

Allerdings verschwanden mit dem Zuziehen der Blende vielfach gleichzeitig auch jene feineren *gefärbten histologischen Elemente*, auf deren Verfolgung es vielleicht gerade ankam. Dafür gaben sie umso zahlreicheren optischen Kunstproducten Platz. Waren aber nur die „Zellgrenzen“ recht deutlich und traten die *ungefärbten Elemente* scharf hervor, nun so war das Bild richtig, und das Präparat schlecht, wenn man darin z. B. die feinsten Neurofibrillen nicht sehen konnte.

Wusste der betreffende Beobachter etwas von der Theorie der secundären Bilderzeugung und den Nägeli-Abbe'schen Beleuchtungsprincipien, nun so konnte er auch eben nur mit diesem Bilde zu-

frieden sein, weil ja das mikroskopische Bild umso objectähnlicher sein soll, je enger der Beleuchtungskegel, d. h. je mehr sich die beleuchtenden Strahlen einem mit der Mikroskopachse parallelen Verlauf nähern.

Andere setzen sich zwar über die Bedenken ABBE's in Betreff der Objectähnlichkeit des mikroskopischen Bildes hinweg (nicht wenige, weil sie dieselben gar nicht kennen und doch bekannte Histologen sind), ziehen aber die Blende ihres ABBE'schen Apparates doch so stark zu, bis ihnen dieser ganz überflüssig geworden ist und sie ihn einfach entfernen könnten, wenn es nicht Modesache wäre, mit einem Abbe zu beobachten. Sie thun es deshalb, weil sie nur in dieser Weise etwas scharf Gezeichnetes in ihren Präparaten sehen. Diese können sich kaum Präparate vorstellen, welche bei „voller Beleuchtung" scharfe Bilder geben. Die Praxis scheint sie in der That zu rechtfertigen. Die Bilder, welche man ihnen bei ganz offener Blende zu zeigen pflegte, waren wohl immer etwas schleierhaft, nebelig. Sie wussten aber nicht, dass dies, wenn nicht bereits die Linsen oder die schlechte Correction für die Deckglasdicke daran Schuld gewesen sind, nur deshalb der Fall war, weil das Bild der Lichtquelle durch den Condensor nicht auf die richtige Stelle projicirt wurde.

Solche Leute sahen, als sie ein gefärbtes Präparat mit starker Vergrösserung beobachten wollten, meist gar nicht nach, ob sie den Hohlspiegel oder den Planspiegel eingestellt hatten. Fast keiner suchte sich durch Heben oder Senken des Condensors, durch Zuthat eines Immersionsöltropfens oder gleichzeitig auch einer Glasscheibe zwischen Condensor und Objectträger zu helfen. Keiner nahm das Ocular weg und schaute in den Tubus, um zu erfahren, wo eigentlich das Bild der Lichtquelle liegt.

Allgemein gilt es übrigens sogar bei den Bakteriologen, die mit mehr oder weniger offener Blende zu beobachten pflegen, dass man das Bild der Lichtquelle in die Objectebene projiciren muss.

Ich habe mich dagegen durch vielfache Versuche davon überzeugt, dass das Optimum der Beleuchtung, sowohl was die Schärfe der Zeichnung und die Erkennbarkeit der feinsten Farbenunterschiede, als auch die Objectähnlichkeit des mikroskopischen Bildes betrifft, dann erreicht wird, wenn man das Bild der genug ausgedehnten Lichtquelle mittels eines Strahlenkegels von mindestens der Apertur des Objectivsystems in die untere Oeffnung des Objectivs projicirt (s. auf p. 559—562).

Dabei stellte es sich heraus, dass wir praktisch am besten dreierlei, scheinbar unabhängig von einander entstandene Bilder auseinanderhalten, welche wir gleichzeitig in die Ebene des deutlichen Sehens projiciren, nämlich das Diffractionsbild, das Refractionsbild und das Absorptionsbild. Je nach der Beleuchtungsweise und nach der Beschaffenheit des Präparates überwiegt bald das eine, bald das andere Bild, oder es wird bald das eine, bald das andere ausgelöscht oder verdeckt. In gewissen Fällen ist nur das reine Diffractionsbild, in anderen nur das reine Absorptionsbild sichtbar, während das Refractionsbild stets mit mehr oder weniger auffälligen Elementen des Diffractions- und des Absorptionsbildes combinirt erscheint. Experimente, wie sie u. A. auf p. 510 u. ff. geschildert sind, zeigten, dass die Voraussetzungen ABBE's für das Diffractionsbild, welches, wie er nachgewiesen hat, auf dem Wege der secundären Bilderzeugung entsteht, vollkommen zutreffen und dass die Objectähnlichkeit des Diffractionsbildes lediglich nur eine zufällige ist. Dagegen zeigte es sich, dass das Absorptionsbild als dioptrisches Gesammtresultat der Zusammenwirkung der durch das Object gegangenen Strahlen entsteht und unbedingt objectähnlich ist. Das nur weniger vollständige Refractionsbild scheint ebenfalls auf dioptrischem Wege zu entstehen, und ist, wie das Experiment mit *Triceratium* favus auf p. 514 u. ff. zeigt, im Ganzen zwar objectähnlich, es ist aber in den Einzelheiten einerseits durch das mehr oder weniger sichtbare Anhaften des Diffractionsbildes, andrerseits durch optische Erscheinungen, welche die Refraction begleiten, stark gefälscht.

Diese Erkenntniss rechtfertigt die eingangs erwähnten Ziele und Wege der Mikrotechnik vollkommen. Mit ihr stehen wir aber in einem ziemlich schroffen Gegensatz zu den auch von ABBE angenommenen NÄGELI'schen Beleuchtungsprincipien und zu den Grundthesen ABBE's, nach welchen das mikroskopische Bild eines jeden nicht selbstleuchtenden Objectes, von welchen Dimensionen es auch sei, auf secundärem Wege entsteht und im Allgemeinen nicht, jedoch um so mehr Objectähnlich ist, je geringer die Apertur des beleuchtenden Lichtkegels. Und ebenso verhält sich nach ABBE jedes mit unseren dioptrischen Instrumenten erzeugte Bild, und handele es sich auch um die Abbildung von Zaunpfählen!

Sowohl die NÄGELI'schen Beleuchtungsprincipien, als auch die ABBE'schen Thesen stehen bis heute unwiederlegt da, obgleich sie nur zum Theil und nur unter gewissen Bedingungen zutreffen.

Diese Bedingungen sind aber bei jener Art und Weise, wie wir die modernen färberisch differenzirten Präparate zu untersuchen haben, um die Färbung als charakteristische Reaction der histologischen Elemente zu erkennen, nicht realisirt, im Gegentheil, absichtlich ausgeschlossen. Beleuchtet man mit einem Beleuchtungsapparat, welcher ein scharfes Bild der Lichtquelle in passender Lage erzeugt, so treffen NÄGELI's Folgerungen nicht mehr zu; und dem reinen Absorptionsbilde gegenüber sind die Sätze ABBE's unhaltbar, weil das Absorptionsbild kein unvollständiges Theilbild wie das Diffractionsbild ist und um so reiner, also auch um so vollkommener objectähnlich wird, je grösser die Apertur des beleuchtenden Lichtkegels.

Das alles musste um so mehr an der Hand einer eingehenden historisch kritischen Darstellung der verschiedenen Beleuchtungsmethoden nachgewiesen werden, weil die Kenntniss der richtigen Beleuchtung des reinen Absorptionsbildes im Kreise der Mikrographen, wie gesagt, sehr wenig verbreitet ist.

Dagegen konnte ich auf eine vollständige kritische Darstellung der Geschichte der Theorie des mikroskopischen Sehens nicht eingehen. Dies hätte noch einen Band von mindestens der Stärke des vorliegenden erfordert. Und doch konnte ich bei meinen Erörterungen auch diesen Gegenstand nicht unberücksichtigt lassen. Erstens ist ja die Frage der Beleuchtung mit der Frage nach den Bedingungen der Objectähnlichkeit des mikroskopischen Bildes auf das innigste verknüpft: die beste ist eben die Beleuchtungsweise, bei welcher die objectähnlichsten Bilder zu erzielen sind. Zweitens ist eine Kenntniss der Theorie der mikroskopischen Wahrnehmung bei den praktischen Mikroskopikern nur allzu selten anzutreffen.

Allgemeiner bekannt sind nur gewisse Schlagworte aus den Auseinandersetzungen ABBE's, und diese würden, falls man sie befolgte, die für unsere Zwecke in den meisten Fällen schlechteste Beleuchtungsweise einführen, eine Beleuchtungsweise, welche die meisten histologischen und cytologischen Entdeckungen der letzten Jahrzehnte unmöglich gemacht hätte.

Einigermassen bekannt ist noch der Aufsatz ABBE's aus 1873 im „Archiv für mikroskopische Anatomie“ („Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung“), wo ABBE noch einen Unterschied in der Entstehungsweise des Kontourbildes und des Strukturbildes machte. Sehr wenig bekannt, und in der mikrographischen Litteratur beinahe nur von den Engländern berücksichtigt, ist dagegen die verallgemeinerte Theorie ABBE's, nach

welcher sogar Zaunpfähle, sofern sie nicht selbstleuchtend sind, auf demselben secundären Wege, wie die feinsten Zeichnungen der Diatomeen, als Resultat der Interferenz durch Beugung zerlegter Strahlenbündel, abgebildet werden. In extenso erschien diese Arbeit („Ueber die Grenzen der geometrischen Optik etc.“) 1882 als besonderes Heft der „Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaften.“ Nicht einmal Bütschli berücksichtigte sie, als er in seinem neuen grossen Werke („Untersuchungen über Strukturen, insbesondere über Strukturen nichtzelliger Erzeugnisse des Organismus etc.“) 1898 die Objektähnlichkeit seiner mikroskopischen Bilder gegenüber der Gründe Abbe's aus 1873 darzuthun sucht und den schon seit 1880 verlassenen Standpunkt Abbe's in Betreff der verschiedenen Entstehungsweise des Kontourbildes und des Strukturbildes bekämpft.

Deshalb suchte ich von der Geschichte der Theorie der mikroskopischen Wahrnehmung so viel in meine Auseinandersetzungen über die Beleuchtungsmethoden einzuflechten, als mir nothwendig schien, um beweisen zu können, dass die auf Grund der Nägeli-Abbe'schen Principien empfohlene Beleuchtungsweise nicht nur nicht die beste, sondern die schlechteste ist, dass man sie möglichst meiden und mit allen Mitteln der Mikrotechnik danach trachten muss, die von mir vorgeschlagene Beleuchtungsmethode für die Untersuchung eines jeden, stärkere Vergrösserungen erfordernden Objektes anwendbar zu machen.

Indessen mussten auch die Methoden der mikroskopischen Messung und die der Abbildung des mikroskopischen Bildes in meiner Mikrotechnik deshalb sehr eingehend behandelt werden, weil die reinen Absorptionsbilder auch diesen Methoden eine viel ausgedehntere und exactere Anwendbarkeit verschaffen.

Wohl hätten alle diese Gegenstände in einer anderen Weise besser, einheitlicher und übersichtlicher behandelt werden können, als nach der hier angewandten chronologischen Methode. Doch war ich an diese durch die Anordnung des 1896 erschienenen ersten Theiles meiner Mikrotechnik schon gebunden. Dem Uebel suchte ich durch vor- und zurückgreifende Bemerkungen soweit wie möglich abzuhelfen. Ein ausführliches Namen- und Sachregister, welches mir bei dem ersten Theile, besonders in der Hoffnung der baldigen Beendigung des Werkes, vorläufig noch gut zu entbehren schien, wäre bei dem vorliegenden Theile gewiss schon recht erwünscht. Allein dieses Register müsste schon jetzt sehr umfangreich und könnte doch nur provisorisch sein.

Besonders dieser Umstand machte mich zögern, den vorliegenden Theil, welcher schon seit zwei Jahren fertig gedruckt ist, für sich erscheinen zu lassen. Immer hoffte ich, mit der ganzen Schlussabtheilung bald fertig zu werden und sie nicht in zwei Hälften theilen zu müssen.

Allein es erschien inzwischen 1899 das Buch von ALFRED FISCHER („Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas"), welches mich beinahe auf dem ganzen Gebiete der Mikrotechnik, welches die zweite Hälfte dieser Schlussabtheilung behandeln soll, zu erneuten Kontrollversuchen anregte und, bei dem grossen Aufsehen, das es machte, auch zwang.

Schon meine damals sehr zahlreich vorgelegenen Versuche zur Kritik der Fixirungs- und Färbungsmethoden überzeugten mich davon, dass man diese Methoden auf dem von FISCHER eingeschlagenen Wege nicht richtig beurtheilen kann. Manche Methoden, die nach den Versuchen FISCHER's ganz zu verwerfen wären, gehören in der praktischen Mikrographie zu unseren besten, andere dagegen, welche die Versuche FISCHER's besonders rationell erscheinen lassen, taugen für uns beinahe gar nichts.

Auch liess es sich bereits einsehen, dass manche Bedenken FISCHER's in Betreff der Naturwahrheit unserer Präperate unbegründet sind. Erstens brauchen die von ihm ausserhalb der lebenden Zelle künstlich hervorgerufenen Strukturen mit denen, welche wir in der lebenden Zelle beobachten, schon deshalb keineswegs identisch zu sein, weil die Bedingungen, unter welchen sie in FISCHER's Experimenten entstanden, in der lebenden Zelle nicht vorhanden sind. Zweitens zeigen verschiedenste histologische Elemente, einerlei ob in Granulum-, Fibrillen- oder anderer Form ausgebildet, charakteristische morphologische, topographische und färberische, auch chemische Merkmale, welche den Fällungsprodukten FISCHER's vollkommen abgehen. Einem Jeden, der die betreffenden Präparate gesehen hat, würde es z. B. ganz absurd erscheinen, dass die von mir in sehr verschiedenen innervirten und innervirenden Zellen verschiedenster Thiere nachgewiesenen Neurofibrillengitter oder sonstige Neurofibrillenformationen einfache Fällungsprodukte sein könnten.

Was den ersten Punkt anbelangt, so experimentirte ja FISCHER mit Lösungen von Substanzen, welche als solche gar keine Bestandtheile des lebenden Zellkörpers oder Kernes bilden; nur einige (u. A. das Haemoglobin, gelegentlich vielleicht auch Nuclein oder Nucleinsäure) kommen dort präformirt, als intracelluläre Zellprodukte,

vor. Im gelösten Zustande sind die meisten im lebenden Organismus nur als Inhalt von gewissen Hohlräumen, gelegentlich wohl auch als Inhalt von intracellulären Vacuolen, oder als die intercellulären Substanzen durchtränkende Flüssigkeiten vorhanden, deren durch die Fixirung hervorgerufenen Niederschläge nur ein ungeübtes Auge mit wirklichen Zell- und Kernstrukturen verwechseln kann.

Was den zweiten Punkt noch weiter betrifft, so entstehen wohl bei schlechten Fixirungen nnd Färbungen und durch sonstige Eingriffe gar mancherlei Kunstprodukte in unseren Präparaten; wohl ergiebt die Behandlung der todten und bereits in Zerfall begriffenen Zelle ganz andere Resultate, als die richtige Behandlung der beim Eingreifen der Fixirung noch lebenden, gesunden Zelle. Alles dies lernt aber eine gute mikrotechnische Schulung leicht zu unterscheiden, und besonders dazu soll die noch erübrigende zweite Hälfte dieser Abtheilung beitragen.

Kurz, es genügt nur etwas histologische Erfahrung dazu, damit es einem a priori unberechtigt erscheine, zu behaupten, dass, weil Peptone und Albumosen, Albumine und Globuline, Hämoglobin, Nucleoalbumine, Nuclein und Nucleinsäure mit unseren verschiedenen fixirenden Agentien verschieden beschaffene Niederschläge bilden, sämmtliche von uns bisher beobachteten Zellstrukturen ebensolche Kunstprodukte sein könnten. Schon deshalb kann eine auf das Verhalten dieser Fällungsprodukte gegründete Eintheilung und Beurtheilung der Fixirungs- und Färbungsmethoden zwar ein gewisses, meinetwegen noch so grosses, wissenschaftliches, physikalisches und chemisches, Interesse besitzen, für unsere Praxis der mikroskopischen Untersuchung von Organismen und für die richtige Auffassung des feineren Baues dieser Organismen ist jedoch die Eintheilung und das Urtheil Fischer's beinahe so gleichgültig, als wie wenn er unsere Fixirungsflüssigkeiten nach Geruch, Farbe oder specifischem Gewicht classificirt hätte.

Um aber das Alles in ganz objectiver Weise begründen zu können, musste ich meine Versuche, besonders meine Versuche mit Massenfixirungen von *Amphioxus,* in bestimmten Richtungen noch weiter ausdehnen. So verging, bei meinen sonstigen zahlreichen wissenschaftlichen und amtlichen Verpflichtungen, ein Jahr nach dem anderen, und noch sitze ich hier in Napoli bei meinen Amphioxus versuchen. Auch habe ich keine Hoffnung mehr, dass der Druck des Schlusses meiner Mikrotechnik vor dem Herbste 1902 beendet werden könnte.

Unter diesen Umständen gab ich dem Wunsche meines geehrten Herrn Verlegers gerne nach, die Abnehmer des Werkes nicht länger zu trösten, sondern den vorliegenden, seit zwei Jahren gedruckten Theil, als erste Hälfte der Schlussabtheilung der Mikrotechnik, schon jetzt erscheinen zu lassen. Dem Mangel eines Registers suchte ich durch ein ausführliches Inhaltsverzeichniss einigermassen abzuhelfen. Meine eigenen, vorher noch nicht veröffentlichten Vorschläge und Beweisführungen sind darin durchschossen angegeben.

Die zweite Hälfte der Schlussabtheilung wird etwa 30 Bogen umfassen, und zwar wird sie den Schluss des hier begonnenen Kapitels über Beleuchtungsmethoden mit polarisirtem Lichte, Einiges über die Geschichte der Mikrospektroskopie, so weit sie uns angeht, hauptsächlich aber den zweiten (B) und dritten (C) Theil des IV. Abschnittes und die weiteren in der Einleitung zur ersten Abtheilung auf p. 15 angedeuteten Abschnitte V bis XIV enthalten. Diesen folgt, als Anhang, ein schematischer Ueberblick der ganzen Mikrotechnik, ein Verzeichniss der Abkürzungen, namentlich der Zeitschrift-Titeln, ein vollständiges Verzeichniss der berücksichtigten Arbeiten (an 4000 Titeln), ein vollständiges Namen- und Sachregister, und endlich ein ausführliches Inhaltsverzeichniss des ganzen Werkes.

Napoli, im August 1901. Prof. Dr. **Stefan Apáthy.**

Inhaltsverzeichniss

zur zweiten Abtheilung der Mikrotechnik.

1669 bis 1816

Zusätze und Berichtigungen.

Auf p. 328, Zeile 13 und 15 von oben lies: Hypotenuse statt „Hypothenuse", Zeile 14 von unten statt „Milne Eduards" MILNE-EDWARDS.

Auf p. 350, Zeile 15 von unten ist nach „mit starken Objectiven" einzuschalten: (wenigstens nach ROBERT KOCH s. p. 367 und seinen Anhängern); in Zeile 14 von unten lies: sei statt „ist".

Ebendort, 11. Zeile von unten ist nach „zu vermeiden" einzuschalten: Nach meiner Erfahrung ist indessen die richtigste Beleuchtung auch für das Photographiren, namentlich gefärbter Objecte, die Projection der Lichtquelle in die Ebene der unteren Oeffnung des Objectivs, wie besonders auf p. 559 u. ff. auseinandergesetzt ist; nur das reine Diffractionsbild, z. B. bei Aufnahmen von Diatomeen, dürfte die Projection der Lichtquelle in die Objectebene erfordern.

Auf p. 365, Zeile 4 von oben lies: verwandte mikrometrische.

Auf p. 367 ist Zeile 23 von unten nach „ein" einzuschalten: (S. darüber meine Bemerkung auf p. 350.)

Auf p. 417 soll der Satz „Bei mikrophotographischen Aufnahmen etc." (Zeile 6—9 von oben) in der folgenden Weise geändert werden: Bei mikrophotographischen Aufnahmen soll man, wie erwähnt, das Bild der Lichtquelle — nach R. KOCH und Anderen — in den meisten Fällen in die Objectebene projiciren.

Ebendort ist in der 18. Zeile von oben nach „im Wesentlichen in einer" einzuschalten: praktischeren Ermöglichung einer. Ebendort ist in der 21. Zeile statt „entsteht" entstehe zu setzen. Ebendort, Zeile 7 und 6 von unten, lies: die Blende hinter der Sammellinse statt „die Sammellinse mit der Blende".

Auf p. 418, Zeile 3 und 4 von oben, lies: sowohl die Sammellinse als auch die Sehfeldblende vom Condensor entsprechend weiter weg statt „die Sammellinse mit der Blende vom Condensor weiter weg".

Auf p. 421, Zeile 7 von oben, lies: CZAPLEWSKY statt „CZAPELWSKY".

Auf p. 426, 14. Zeile von unten ist statt „nümlich" nämlich zu setzen.

Auf p. 428, Zeile 11 ist nach „seltener" ein Doppelpunkt zu setzen.

Auf p. 431, Zeile 5 von oben, lies: **1712** statt „**1715**".

Auf p. 436, Zeile 22 von unten, lies: zu untersuchenden statt „zu unter suchenden".

Auf p. 443 ist in der 21. Zeile von oben nach „in welches" einzuschalten: ausserhalb des Glases.

Ebendort ist an Stelle der 23. Zeile Folgendes zu setzen: rahmen eingelegt ist. Bringt man den Rahmen innerhalb des Glases an, so soll wenigstens die Leinwand dem Glase dicht anliegen, sie....

Ebendort ist in der 24. Zeile „aber" zu streichen.

Auf p. 448 ist in Zeile 19, 20 und 21 die Stelle zwischen den Klammern zu streichen.

Auf p. 481, Zeile 22 von oben, lies: **1846** statt **1896**.

Auf p. 487, Zeile 16 von unten, ist zwischen „in der" und „ABBE'schen Theorie" damaligen einzuschalten.

Auf p. 488, Zeile 2 von unten, lies: (ABBE ist davon in seiner verallgemeinerten Theorie seit 1880 [16] zurückgekommen) statt „ABBE vielleicht weniger als seine Anhänger".

Zu p. 497 kommt nach „Zusammensetzung desselben zu" in der 22. Zeile folgende Anmerkung: [1]) **1880** ([**16**]) und **1882** ([**16a**]) zog ABBE, wie wir weiter unten auf p. 508 u. ff. sehen werden, diesen Satz zurück und liess die Unterscheidung zweier neben einander bestehender Modi der mikroskopischen Abbildung fallen.

Auf p. 513 ist in Zeile 18 von unten statt „stets" praktisch als zu setzen und nach „Superposition" zu betrachten einzuschalten.

Zu p. 513 will ich bezüglich der Unterscheidung des Diffractions-, Refractions und Absorptionsbildes noch bemerken, dass ich damit lediglich nur praktische Zwecke verfolge, namentlich die Beurtheilung der für jeden gegebenen Fall besten Beleuchtungsweise erleichtern möchte. Auf das Verhältniss der drei Bilder zu einander, auf die Frage, inwiefern ein jedes für sich bestehen könnte, wollte ich nicht näher eingehen. Das vollkommen objectähnliche, reine Absorptionsbild ist wohl das Gesammtresultat der in der Ebene des deutlichen Sehens stattfindenden Zusammenwirkung sämmtlicher durch das Object irgendwie beeinflusster Lichtstrahlen. So ist das Refractionsbild, ein unvollständigeres dioptrisches Bild, virtuell im Absorptionsbilde enthalten, und die Diffractionsbilder mögen Theilbilder sein, deren Zusammenwirkung oder nur Summirung das dioptrische Bild ergiebt. Auf diese Weise dürfte man das ABBE'sche secundäre Bild dem primären, dioptrischen Bilde nicht gegenüberstellen. Dass jedoch die Diffractionsbilder von den dioptrischen Bildern praktisch wohl zu unterscheiden sind, ist auf p. 514 an dem Beispiel von *Triceratium* dergethan.

Auf p. 519, Zeile 13 von unten, lies: Aberration statt „Abberation".

Auf p. 544, Zeile 14 von oben, ist nach „des letzteren" einzuschalten: , ja selbst Dicke und Brechungsindex der Immersionsölschichte zwischen Präparat und Objectiv.

Auf p. 552, Zeile 10 von oben, lies: dioptrische Resultante statt „dioptrisch entstandene Componente".

Auf p. 557, Zeile 19 von unten, ist „gewissermaassen" zu streichen und in Zeile 15 von unten nach der Klammer eigentlich einzuschalten.

Auf p. 561 ist Zeile 17 nach „Bild der Lichtquelle" einzuschalten: (Zu diesem Zwecke zeichne ich mir mit blauem Oelstift auf die Fensterscheibe oder auf mattes Glas unmittelbar vor der künstlichen Lichtquelle ein unsymmetrisches Kreuz und beobachte das Bild des Kreuzes.)

Auf p. 576, Zeile 11 von oben, lies: Interferenzbild statt „Interferenzfeld".

Specieller Theil.

(Fortsetzung).

Durch etwas Uebung bringt es jeder leicht fertig, das mikroskopische Bild auf den Masstab zu projiciren und abzulesen, wie viele Theile des Masstabes von der betreffenden Dimension des Bildes eingenommen werden. Hat man die Vergrösserung des Mikroskopes für jene Ebene, in deren Höhe sich der Masstab befindet, einmal bestimmt, so braucht man blos die am Masstab abgelesene Grösse mit der Vergrösserungszahl zu dividiren, um die wirkliche Dimension des Objectes zu bekommen. Oder man bestimmt den mikrometrischen Werth der Eintheilungen des Masstabes für die angewandte Linsencombination (und die Sehweite des Beobachters) vermittelst des Objectmikrometers (s. w. u.). Diese Methode des Doppelsehens, deren Zuverlässigkeit am meisten von allen Messmethoden von der Uebung und der persönlichen Fertigkeit des Beobachters abhängt, kann zwar nie mehr als annähernde Werthe liefern, ist aber oft die einzig anwendbare und daher nicht zu unterschätzen.

Noch viel unvollkommener ist die Messmethode von LEEUWENHOEK [2] gewesen, welche er seit 1680 wiederholt beschrieb und später allmählich etwas verbesserte. Er hat die Grösse von mikroskopischen Objecten einfach dadurch bestimmt, dass er sie mit verschiedenen kleinen Gegenständen des alltäglichen Lebens, welche ihrerseits auch nicht genau gemessen wurden und in ihrer Grösse sehr variiren mussten (Sandkorn, Hirsekorn, Kopfhaar, später Blutkörperchen), nach Schätzung des Bildes beider Objecte verglich und mittheilte, wie vielmal grösser jener Gegenstand als das untersuchte Object ist. Zu verwundern ist es jedoch, verhältnissmässig wie genau LEEUWENHOEK'S Grössenangaben trotz dieser mangelhaften Methode gewesen sind. Er theilt z. B. mit, dass ein Blutkörperchen hundert Mal kleiner ist, als das zum Vergleich benutzte, etwa 1/30" grosse Sandkorn. Dieses Mass, 1/3000", etwa 9 μ, ist in der That ganz richtig zu nennen, da die rothen Blutkörperchen des Menschen im Durchschnitt 7·5 μ messen, und die grössten 10 μ (gelegentlich noch mehr) erreichen.

1660

Dieser eigentliche Kern der Mikrometrie, welche im Wesentlichen, namentlich beim zusammengesetzten Mikroskop, stets darauf hinausläuft, dass man das vergrösserte Bild des Objectes mit dem in demselben Grade vergrösserten Bilde eines Gegenstandes (eventuell einer Verschiebung) von bekannter Grösse vergleicht, tritt zuerst bei THEODOR BALTHASAR [1] 1710 in einer streng wissenschaftlichen Methode hervor. Er beschreibt nämlich das erste Ocularschraubenmikrometer und empfiehlt auch ein Rosshaarnetz im Focus des Oculars zum Erleichtern des Zeichnens.

1710

Auf Grund der Vorschläge BALTHASARS brachte HERTEL [1] 1716 im Focus des Oculars ein Rosshaarnetz mit 100 Quadraten an und construirte ein Schraubenmikrometer, welches aus zwei Schrauben ebenfalls im Ocularfocus bestand, die in diagonaler Richtung gegen einander bewegt werden konnten, bis sie in der Mitte des Gesichtsfeldes zusammenstiessen. Die zu messende Dimension des Bildes wurde zwischen die Schraubenenden gefasst, und dann gezählt, wie viele Umdrehungen es bedurfte, bis die Schraubenenden aneinanderstiessen. Die einem Schraubenumgange entsprechende Verschiebung berechnete HERTEL aus dem vermittelst des Doppelsehens und auch direct gemessenen Abstand der Schraubenenden, wenn sie sich am Rande des

1716

Gesichtsfeldes befanden, und aus der Zahl der Umdrehungen, welche nöthig gewesen sind, damit die Schraube diese Strecke durchlaufe. Da mit dem Mikrometer das Objectivbild gemessen wurde, so musste erst die Objectivvergrösserung an einem Gegenstand von bekannter Dimension bestimmt werden.

1717 Auch der gegenwärtig gebräuchliche Typus der Ocularschraubenmikrometer ist schon sehr alt. Seine Erfindung wird aus dem Jahre 1640 datirt. Der Erfinder, GASCOIGNE, bestimmte ihn für astronomische Fernröhre. Er befestigte im Focus des Oculars zwei parallele Fäden, von welchen der eine in diagonaler Richtung verlief und unbeweglich war, der andere mit einer Schraube hin und her bewegt werden konnte. Veröffentlicht wurde die Erfindung erst 1717 durch DERHAM [1].

1732 Die erste unmittelbare Anwendung erfuhr das oben erwähnte Princip der Mikrometrie durch JAMES JURIN [1]. Dieser brachte ein Stückchen sehr feinen Silberdrahtes von bekannter Dicke (1/485") gleichzeitig mit dem zu messenden Object unter das Mikroskop und verglich dann die beiden nebeneinander gesehenen Bilder. Trotzdem fielen seine Messungen weniger genau als die von LEEUWENHOEK aus.

1739-40 BENJAMIN MARTIN [1 und 2]: ein verbessertes Ocularschraubenmikrometer nach der BALTHASAR-HERTEL'schen Art, mit welchem aber der Durchmesser des Objectes bis auf 1/10000" angegeben werden konnte, und ein Glasmikrometer mit 40 Strichen auf einen Zoll zum Einlegen in den Focus des Oculars statt der Haarnetze. Das Schraubenmikrometer bestand bloss aus einer Schraube. Die in das Gesichtsfeld hineinragende Verlängerung der Schraubenaxe war eine fein gespitzte Nadel. Der aus dem Mikroskoprohre hervorragende Theil der Schraube hatte einen Index und war mit einem Zeigerblatte verbunden, auf welchem der zwanzigste Theil einer Umdrehung angegeben wurde, nämlich 1/1000", da 50 Umdrehungen auf einen Zoll gingen. Das Object musste mit der zu messenden Dimension in die diagonale Richtung der Nadel im Gesichtsfelde und dann die Spitze der Nadel mit dem einen Endpunkt der Dimension zur Deckung gebracht werden. Die am Zeigerblatte abgelesene Verschiebung der Schraube, bis die Spitze der Nadel den anderen Endpunkt der gesuchten Dimension berührte, gab diese für das durch das Objectiv vergrösserte Bild an. Der wahre mikrometrische Werth der Theilungen des Zeigerblattes wurde vorerst besonders berechnet. (Heute pflegt man diesen mit einem Objectmikrometer zu bestimmen, s. w. u.).

1747 GEORGE ADAMS [1] 1747: Nadelmikrometer, eine verbesserte Form des MARTIN'schen Instrumentes.

1748-53 Das von SAVERY und BOUGUER 1748 erfundene und bei Teleskopen benutzte Doppelbildmikrometer wurde vom älteren DOLLOND [1] 1753 verbessert und später von YOUNG und vom jüngeren DOLLOND auf das Mikroskop übertragen und hier mehr für technische Zwecke, zum Messen der Dicke von Wollfäden (daher der Name Eirometer, Wollenmesser) benutzt. Es beruht jedoch auf einem Princip, welches in der Mikrometrie die grösste Beachtung verdient. Eine in der Mitte durchgeschnittene planconvexe Linse befindet sich zwischen Object und Objectiv (wie bei dem Eirometer von DOLLOND, was blos bei schwachen Vergrösserungen möglich ist) oder zwischen Objectiv und Ocular. So lange die beiden Linsenhälften

eine Linse bilden, erscheint das mikroskopische Bild einfach, sobald man sie aber neben einander verschiebt, bekommt man zwei Bilder zu sehen, die sich mit der Verschiebung der Linsenhälften von einander entfernen. Wenn sich die zwei Bilder mit einem Rande gerade noch berühren, hat man die Linsenhälften um die Breite oder Länge des Objectes verschoben. Der an einer seitlich am Instrument angebrachten Scala ablesbare Grad der Verschiebung giebt also die betreffende Dimension des Objectes an. Bei stärker (über 100 fach) vergrössernden Mikroskopen wurde dieses Princip der Mikrometrie bisher nicht angewandt. Bei diesen müssten die Linsenhälften zwischen Objectiv und Ocular kommen. Dagegen hat man es bei Teleskopen auf verschiedene Weise mit Erfolg benutzt. HARTING [1] hat zwar (Bd. III, p. 389) seiner Zeit mit dem Eirometer nicht so genaue Messungen wie nach anderen Methoden ausführen können, doch hält er die Idee desselben für sehr fruchtbar. In der That könnten solche Instrumente besonders bei Messungen von lebenden, sich bewegenden Objecten heute noch sehr gute Dienste leisten. Darauf hat, wie MOHL [1] p. 287 berichtet, bereits STEINHEIL (vor 1846) aufmerksam gemacht.

1753 Während HENRY BAKER [2] 1753 noch Netzmikrometer aus Metallfäden oder Kopfhaaren als die besten pries, namentlich wegen der grösseren Deutlichkeit der Linien, wurden die, wie wir sahen, beim Mikroskop zuerst von MARTIN benutzten Glasmikrometer schon bedeutend vervollkommnet. **1769** So verfertigte BRANDER [1] 1769 Glasmikrometer, auf welchen der Zoll in 100 Theile getheilt ist. Beinahe gleichzeitig brachte es aber der Duc DE CHAULNES [1] fertig, den Zoll, allerdings auf Messing, nicht auf Glas, in 240 Theile zu theilen. Von einem BRANDER'schen Mikrometer erwähnt HARTING [1] Bd. III, p. 367, dass die mit dem Diamanten gezogenen Striche darauf 0·002-0·003 Millimeter dick waren und ihre Entfernung blos von 0·230-0·209 Millimeter variirte. Die eine, vielleicht die älteste Methode, solche Object-Glasmikrometer in der Mikrometrie anzuwenden, bestand darin, dass man das Object, wie auf einen Objectträger, auf das Glasmikrometer legte und unter dem Mikroskop zu bestimmen suchte, wie viele Mikrometertheile die gesuchte Dimension einnahm. Auch nur einigermassen genaue Resultate konnte aber diese Methode blos bei sehr dünnen und durchsichtigen Objecten liefern, welche es gestatteten, die Grenzlinien des Objectes und die Striche des Mikrometers auch bei stärkerer Vergrösserung gleichzeitig zu sehen. In Fällen, in welchen beide nur nach einander, bei verschiedener Einstellung genau sichtbar waren, versagte diese Methode. Dazu kam noch, dass die Linien des Mikrometers unter einem weniger durchsichtigen Object schwer oder überhaupt nicht zu sehen sind, weshalb man die Dimensionen der inneren Theile solcher Objecte nicht bestimmen konnte. Endlich machte schon die Flüssigkeit, in welcher das Object sehr oft untersucht werden musste, die Striche undeutlich, indem sie sie füllte. Deshalb hat sich diese Methode nur bei trocknen Objecten und bei ganz schwachen Vergrösserungen behaupten können.

1775 1775 empfahl FELIX FONTANA [1] Spinnewebfäden als Marke für Ocularschraubenmikrometer, welche bei Teleskopen alsbald auch Verwendung fanden, jedoch später ganz aufgegeben und, nachdem man gelernt hatte,

Platindrähte ebenso dünn zu ziehen ($^1/_{200}$ Millimeter und noch weniger), durch solche ersetzt wurden.

1767 1767 construirte Duc DE CHAULNES [1] das erste Object-Schraubenmikrometer. Anstatt, wie in den früheren Schraubenmikrometern, die Marke über (oder neben) dem Objecte zu bewegen, verschob er das Object vermittelst zweier Mikrometerschrauben, die es in zwei Richtungen bewegen, unter einer fixen Marke, einem im Ocular angebrachten Faden. Um irgend eine Dimension des Objectes in der Ebene des Gesichtsfeldes kennen zu lernen, braucht man es nur in eine Lage zu bringen, dass die Konturlinie des mikroskopischen Bildes an einem bestimmten Punkte von der fixen Marke gerade berührt wird, und es dann so weit zu verschieben, bis ein dem früheren entgegengesetzter Konturpunkt an die Marke gelangt. Der an einer Scala ablesbare Grad der Verschiebung giebt direct die Dimension in der Richtung der Verschiebung. Die mit solchen Instrumenten gleich im Anfang erreichte Genauigkeit war fast doppelt so gross, wie die mit den früheren Nadelmikrometern erreichbare.

1776 In etwas veränderter Weise führte dasselbe Princip 1776 BENJAMIN MARTIN [2] aus, und allmählich kam es in allgemeinere Anwendung. Uebrigens wurde die heutige Form des Ocular-Schraubenmikrometers mit 1783 Faden erst 1783, und zwar von RAMSDEN [1] selbst, in die Mikroskopie eingeführt. Zwei Spinnewebfäden befinden sich im Focus des sogenannten RAMSDEN'schen Oculars; der eine ist unbeweglich, der andere mit einer Mikrometerschraube zu bewegen. Vor dem Einstellen des zu messenden Objectes müssen sich die zwei Fäden decken, und das Object ist auf dem verschiebbaren Objecttisch in eine solche Lage zu bringen, dass der Faden den einen Endpunkt der zu messenden und auf ihm vertical gestellten Dimension eben berühre. Den Betrag, um wie Vieles man den beweglichen Faden zu verschieben hatte, damit er den entgegengesetzten Endpunkt der betreffenden Dimension des mikroskopischen Bildes erreichte, muss man mit der Vergrösserungszahl des Objectiv-Bildes dividiren und so erhält man die entsprechende Dimension des Objectes. Diese wirkliche Dimension pflegt man aber an der am Mikrometer angebrachten Scala oder an den Theilungen des Schraubenkopfes dadurch direct ablesbar zu machen, dass man vorher den Werth der Theile der Scala oder eines Schraubenumganges mit einem als Object beobachteten Mikrometer für das benutzte Objectivsystem bestimmt. Die Ocular-Schraubenmikrometer sind, mit den späteren Modificationen des RAMSDEN'schen Instrumentes, heute noch unsere genauesten mikrometrischen Werkzeuge, wenn auch ihre Benutzung nicht die genaueste Methode der mikroskopischen Grössenbestimmung ist. Für die letztere halten wir, besonders wenn sehr geringe Dimensionen bestimmt werden sollen, die an dem Bilde mikrometrisch ausgeführten Messungen, welches man photographisch oder mit einem ABBE'schen Zeichenapparat bei genau bestimmter Vergrösserung entworfen hat. Doch ist diese Methode, mit welcher wir uns weiter unten noch zu beschäftigen haben, nicht besonders einfach und bequem. Bequemer und einfacher ist sogar die Anwendung des Ocular-Schraubenmikrometers. Noch bedeutend bequemer die des Object-Schraubenmikrometers, und am allerbequemsten die ZEISS'schen Ocularglas-

mikrometer. Bevor wir aber auf diese zu sprechen kommen, müssen wir noch eine Reihe anderer Methoden kurz behandeln.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts versuchte man mikrometrische Theilungen anstatt auf Glas, auf dünnen, durchsichtigen Perlmutter-Täfelchen anzubringen, welche sich leichter ritzen lassen, was zuerst CAVALLO [1] 1791 empfohlen hat. 1798 erwähnt bereits KANMACHER in der 2. Auflage der „Essays“ von GEORGE ADAMS dem Jüngeren (s. diesen [2]), p. 60 solche mit 200 Theilungen auf einen englischen Zoll. Bei Glasmikrometern gelang es aber den Engländern, zuerst COVENTRY, schon zu jener Zeit das Millimeter in 400 Theile zu theilen. **1791** **1798**

Gleich am Eingange des 19. Jahrhunderts tritt uns auf diesem Gebiete der Mikrotechnik die Photographie und das Zeichnen mit der Camera lucida entgegen, also die beiden Methoden der Fixirung des mikroskopischen Bildes, die eine auf selbstthätigem Wege, die andere durch Nachziehen seiner Linien.

JOSIAH WEDGWOOD hatte eine Methode des Copirens von Schattenbildern auf Grund der grossen Lichtempfindlichkeit des salpetersauren Silbers gegen Ende des vorigen Jahrhunderts entdeckt, nachdem die Versuche von J. H. SCHULTZE [1] in Halle a. S. 1727, welcher der eigentliche Entdecker der Lichtempfindlichkeit der Silbersalze ist (s. auch EDER [1], Bd. I, p. 3) in Vergessenheit gerathen waren. Jene Entdeckung benutzte im Jahre 1802 HUMPHRY DAVY [1], nachdem WEDGWOOD 1795 gestorben war, zum Darstellen von mikroskopischen Bildern, die mit dem Sonnenmikroskop auf das lichtempfindliche Papier projicirt wurden; es gelang ihm aber nicht, das so erhaltene Bild vor dem raschen völligen Verdunkeln zu bewahren. Und die gegenwärtige Mikrophotographie hat sich auch ganz unabhängig von seinen Versuchen entwickelt. (S. auch bei ARAGO [2] p. 253.) **1802**

Dagegen fanden die Bestrebungen WEICKERT'S [1] 1812, die von W. H. WOLLASTON [1] 1807 entdeckte Camera lucida beim zusammengesetzten Mikroskope anzuwenden, im selben Jahre bei WOLLASTON [2] selbst eine Fortsetzung. Die WOLLASTON'sche Camera ist ein entsprechend geformtes vierseitiges Glasprisma, welches, vor dem Ocular des horizontal umgelegten Mikroskops angebracht, die vom Object kommenden Lichtstrahlen zweimal hintereinander total reflectirt und ihnen eine auf die ursprüngliche verticale Richtung giebt. Die dem Ocular zugekehrte und die obere Fläche bilden nämlich einen rechten Winkel, und die gegenüber liegenden zwei einen solchen von 135°, so dass die erste Reflexion der Lichtstrahlen auf der unteren, die zweite auf der vorderen Prismenfläche stattfindet. In der Richtung dieser zweiten Reflexion projicirt das über dem Prisma befindliche Auge das mikroskopische Bild auf eine unter dem Prisma liegende horizontale Fläche, auf das Zeichenfeld, auf welchem man den Bleistift, mit dem man die Linien des Bildes nachzieht, direct, ohne Reflexion der Lichtstrahlen sieht, indem man mit der halben Pupille an der vorderen Kante des Prismas vorbei blickt. **1807** **1812**

Inzwischen hatte DAVID BREWSTER [1] 1809 eine kleine Notiz veröffentlicht, worin er die in der Mikrometrie benutzten Fäden bespricht und anstatt der Spinnewebfäden fein ausgezogene Glasfäden empfiehlt. Aber **1809**

auch diese wurden bald überflügelt, als W. H. WOLLASTON [3] 1813 seine Methode, Platindraht ausserordentlich fein zu ziehen, bekannt machte.

1813 Ebenfalls 1813 führte W. H.. WOLLASTON [4] das später allerdings ganz aufgegebene mikrometrische Verfahren beim einfachen Mikroskop ein, welches darauf beruht, dass das vergrösserte Bild und die nicht vergrösserte Scala gleichzeitig, aber nicht wie bei dem Doppelsehen durch verschiedene, sondern durch dasselbe Auge gesehen werden. Zu diesem Zwecke gab WOLLASTON der vergrössernden Linse, welche sich an dem dem Auge zugekehrten Ende einer aus drei zusammenschiebbaren Stücken bestehenden Röhre befindet, einen so kleinen Durchmesser, dass die Linse und ein daneben angebrachtes kleines Loch, durch welches man die Scala in der Axe des dritten Röhrenstückes sieht, den Durchmesser der Pupille des beobachtenden Auges zusammen nicht erreichen, also das Bild des Objectes und der Scala gleichzeitig auf dieselbe Stelle der Netzhaut gelangen können. Das Objecttischchen war dicht unter der Linse, also zwischen dieser und der Scala angebracht. Das WOLLASTON'sche Instrument war schon zur Zeit seiner Veröffentlichung durch praktischere überflüssig gemacht. Aus demselben Grunde sei ein auf gleichem Principe beruhendes Mikrometer D. BREWSTER's [2] ebenfalls aus 1813 blos erwähnt, bei welchem die vergrössernde Linse selbst in der Mitte durchbohrt oder planparallel gemacht ist. In demselben Aufsatz beschrieb BREWSTER auch ein anderes mikrometrisches Verfahren, welches erwähnt werden muss, weil das demselben zu Grunde liegende Princip später bei einem mehr verbreiteten Instrument praktische Verwerthung fand. Das Rotatory Micrometer fasst die Enden der zu messenden Dimension des mikroskopischen Bildes zwischen die Spitzen von zwei Nadeln, welche in der Focaldistanz unter dem Ocular angebracht sind und in das Gesichtsfeld radiär etwas hineinragen. Die eine Nadel ist am Rande des Gesichtsfeldes im Kreise zu drehen. Direct abgelesen wird die Grösse des Bogens, um welchen die Nadel nach der Einstellung des Objectes gedreht werden muss, um die unbewegliche Nadel zu erreichen. Die Sehne des Bogens giebt die scheinbare Dimension, aus welcher die wirkliche berechnet werden muss. — Endlich beschrieb BREWSTER bei jener Gelegenheit auch das erste mikroskopische Goniometer, doch wollen wir auf diese Instrumente, um Raum zu sparen, nicht eingehen, da es ja in der thierischen Morphologie nur ganz ausnahmsweise auf genauere Winkelmessungen ankommt, ausser bei der Untersuchung im polarisirten Lichte. Dazu sind aber andere Einrichtungen nothwendig, die am betreffenden Orte aufgezählt werden sollen.

1815 Mit dem Jahre 1815 beginnt AMICI [1] eine Reihe von Beiträgen, welche in der Geschichte der Mikrographie eine hervorragende Rolle spielen. 1815 beschrieb er ein neues Mikrometer und eine Einrichtung, welche beim Zeichnen anstatt der WOLLASTON'schen Camera lucida gebraucht werden kann, viel einfacher ist, aber auch bedeutend weniger leistet. Es handelt sich um ein etwa 8 mm dickes Glastäfelchen, welches unter 45° gegen die optische Axe des horizontal umgelegten Mikroskopes vor dem Ocular befestigt wird, die Lichtstrahlen des mikroskopischen Bildes, wenigstens zum Theil, in eine auf die ursprüngliche verticale Richtung reflectirt und gleichzeitig mit dem mikroskopischen Bilde auch den zeichnenden Bleistift auf einer

mit der optischen Axe des Mikroskops parallelen Fläche unter der Glasplatte sehen lässt. Will man also auf einer horizontalen Fläche zeichnen, so kann auch das Mikroskoprohr, ebenso wenig wie bei der WOLLASTON'schen Camera vertical bleiben. Ausser des durch die doppelte Reflexion an der oberen und unteren Fläche der Glasplatte bedingten Lichtverlustes, hat das Instrument den Nachtheil, dass es das mikroskopische Bild umkehrt und dieses nach Entfernung des Apparates nicht direct mit der Zeichnung vergleichen, letztere also nicht weiter ausführen lässt. 1818 und 1819 combinirte AMICI ([2] und [3]) als Zeichenvorrichtung ein rechtwinkeliges Prisma mit einem in der Mitte durchbohrten runden Spiegelchen in der Weise, dass der Zweck aller dieser Vorrichtungen, das mikroskopische Bild und das Papier zum Zeichnen, den Bleistift etc. zu gleicher Zeit in der nämlichen Fläche zu sehen, auf umgekehrtem Wege erreicht wird, wie z. B. durch die WOLLASTON'sche Camera. Während nämlich bei der WOLLASTON'schen Camera das Bild des Objectes, wie wir sahen, durch Reflexion der Lichtstrahlen in das Auge gelangt und man den Bleistift direct, ohne Reflexion sieht, gelangt bei der AMICI'schen Einrichtung von dem Zeichenstift ein Bild durch Reflexion der Strahlen in das Auge, und das Object wird im Mikroskop direct gesehen. Das ursprüngliche AMICI'sche Instrument für das horizontal umgelegte Mikroskop besteht aus einem kleinen, in der Mitte durchbohrten Spiegelchen und aus einem grösseren, rechtwinkeligen Glasprisma mit ungleichen Kathetenflächen. Zu dem Urbilde der meisten späteren ist es aber in seiner an das verticale Mikroskop angepassten Form nach MILNE EDWARDS und DOYÈRE [1] 1836 geworden. In dieser befindet sich das Spiegelchen über dem Ocular, mit der spiegelnden Fläche, unter 45° auf die optische Axe des Mikroskops, nach oben gekehrt[1]. Das Prisma ist durch einen seitlich in derselben Höhe stehenden mit dem kleinen Spiegelchen parallelen grösseren Spiegel ersetzt, so dass die vom Zeichenstift kommenden Lichtstrahlen zuerst vom grösseren Spiegel auf den kleinen und vom letzteren in der Richtung der optischen Axe des Mikroskops in das Auge reflec-

1818 -19

[1]) Später hat man (s. bei NACHET [1] p. 157) das Spiegelchen über dem Ocular, wie OBERHÄUSER das SÖMMERING'sche Spiegelchen (s. w. u.) mit einem sehr kleinen rechtwinkeligen Prisma vertauscht, dessen Hypothenusenfläche unter 45° auf die optische Axe nach unten sieht. Dagegen ersetzte NOBERT (s. bei NACHET [1] p. 157 und HARTING [1] Bd. III, p. 395, Figur 213) das Spiegelchen durch eine ebenso gestellte einfache Glasplatte. Durch diese sieht man das mikroskopische Bild noch ungestörter als durch das Loch im AMICI'schen Spiegel, dessen Centrirung gelegentlich mit Schwierigkeiten verbunden gewesen sein muss. Aber von der Glasplatte wird nur ein kleiner Theil der von der Zeichenfläche kommenden Lichtstrahlen reflectirt, und deshalb erscheint der Zeichenstift nicht in der gehörigen Schärfe. Dazu kommt noch, dass auch die untere, dem Ocular zugekehrte Fläche der Glasplatte reflectirt und ein Bild erzeugt, welches um so weiter von dem durch die obere Fläche reflectirten entfernt ist, je dicker die Glasplatte. Aber auch die dünnste Glasplatte macht das Bild des Zeichenstiftes aus diesem Grunde etwas verschwommen.

tirt werden, wobei die durch die erste Reflexion umgekehrte Reihenfolge der Strahlen in die ursprüngliche zurückverwandelt wird, also kein umgekehrtes Bild entsteht. In dieser Weise gelangen die Lichtstrahlen vom Object durch das kleine Loch des Spiegelchens direct, und die vom Zeichenstift durch zweimalige Reflexion gleichzeitig in das Auge, und beide Bilder werden in der nämlichen Fläche, in der des Gesichtsfeldes gesehen. Im ursprünglichen Instrument für das horizontal stehende Mikroskop ist das gegen den Beobachter gerichtete Spiegelchen unter 45° auf die optische Axe des Mikroskops vor dem Ocular angebracht, und das Prisma befindet sich unter dem Spiegelchen so, dass die schmälere Kathetenfläche schräg nach oben und dem Spiegelchen sieht, aber nur der untere Theil desselben über den oberen Rand des Prismas greift. Die breitere Kathetenfläche ist nach unten gekehrt, und die Hypothenusenfläche steht nicht vertical auf der Zeichenfläche, sondern unter einem solchen Winkel, dass das Bild derselben durch die Hypothenusenfläche des Prismas, dessen untere spitzwinkelige Kante parallel zur horizontalen Zeichenfläche abgeschliffen ist, vertical auf die obere Kathetenfläche und auf das Spiegelchen und von dort in das Auge projicirt wird. Es gelangt also gleichzeitig mit dem mikroskopischen Bilde auf die Netzhaut, erscheint demnach ebenfalls in die Ebene des Gesichtsfeldes projicirt. Der eine Vortheil der Einrichtungen nach dem Amici'schen Typus ist, dass das Auge in der Richtung der in das Mikroskop eintretenden Lichtstrahlen sieht, und nicht vertical auf dieser. Der zweite Vortheil wäre, dass man das mikroskopische Bild in voller Lichtstärke sieht; dafür ist aber das Zeichenfeld weniger deutlich, man kann also die Bewegungen des zeichnenden Stiftes weniger gut verfolgen. Ein ganz genaues Zeichnen des mikroskopischen Bildes ist indessen nur dann möglich, wenn Zeichenstift und mikroskopisches Bild gleich deutlich erscheinen. Ja, aus eigener Praxis könnte ich beinahe sagen, dass es weniger nachtheilig ist, wenn das mikroskopische Bild etwas lichtschwach ist, als wenn die Spitze des Zeichenstiftes nicht ganz scharf hervortritt. Deshalb kann man die Idee Amici's besser bei Zeichenapparaten für starke, als für schwache Vergrösserungen verwerthen. Der Abbe'sche Zeichenapparat, auf welchen wir weiter unten zurückkommen werden, ist im Wesentlichen nichts weiter, als das Amici'sche Instrument für verticales Mikroskop, nur wird das Prisma, wie schon von Milne Eduards und Doyère, durch einen grossen Spiegel ersetzt. Und in der That treten die Vortheile des Abbe'schen Apparates besonders bei den stärksten Vergrösserungen hervor und machen ihn zum besten Zeichenapparat der Gegenwart.

1823 — 1823 suchte Amici seine Mikrometer zu verbessern ([4] und [5]), und Sömmering (der Jüngere: s. Harting [1] Bd. II, p. 393) erfand das nach ihm benannte Spiegelchen zum Zeichnen des mikroskopischen Bildes. Sein Verfahren beruht auf dem in der Mikrometrie seit Wollaston [4] 1813 bereits wiederholt angewandten Princip des Doppelsehens mit einem Auge. Vor dem Oculare wird, unter einem Winkel von 45° gegen die Axe des horizontal umgelegten Mikroskops geneigt, ein kleines ebenes Metallspiegelchen von etwa 2 mm Durchmesser angebracht, welches also kleiner ist als die Pupille. Die spiegelnde Fläche ist nach oben gekehrt, und so wird das mikroskopische Bild in das Auge reflectirt; gleichzeitig können aber auch

die Lichtstrahlen von der Zeichenfläche neben dem Spiegelchen in das Auge gelangen, welches in dieser Weise das mikroskopische Bild und die Zeichenfläche gleichzeitig, in derselben Ebene erblickt. Um bei horizontaler Lage des Objecttisches auf einer horizontalen Ebene zeichnen zu können, hat man später dem oberen Theil der Mikroskopröhre mit dem Ocular eine horizontale Richtung ertheilt, indem man in den rechten Winkel eines knieförmigen Ansatzstückes ein rechtwinkeliges Prisma einsetzte, welches die vom Object kommenden Lichtstrahlen durch totale Reflexion unter rechtem Winkel in horizontaler Richtung zum Ocular lenkt. Man hatte bereits, — ich weiss nicht auf wessen Rath zuerst — auch bei der Benützung der WOLLASTON'schen Camera die Mikroskopröhre knieförmig gebogen („das gebrochene Ocular" benützt, wie sich früher mehrere deutsche Mikrographen auszudrücken pflegten); aber durch Einsetzung der deshalb nothwendig gewordenen dritten reflectirenden Fläche wurde die Reihenfolge der vom Object kommenden Lichtstrahlen umgekehrt, und das durch das Prisma gesehene Bild gestaltete sich zum Spiegelbilde des direct wahrnehmbaren mikroskopischen Bildes, gerade als ob nur eine Reflexion stattgefunden hätte. Dieser Umstand verursachte so viele Schwierigkeiten, wenn man die mit der Camera entworfene Zeichnung bei directer Betrachtung des mikroskopischen Bildes ausführen wollte, dass dadurch die sonstigen Vortheile der WOLLASTON'schen Camera lucida ganz aufgehoben wurden. Beim SÖMMERING'schen Spiegel wird dieser Nachtheil gerade durch das Einsetzen des Prismas in den knieförmig gebogenen Tubus vermieden, weil dadurch blos eine zweite reflectirende Fläche zur Wirkung kommt, und man das mikroskopische Bild des horizontal liegenden Objectes wie direct im Mikroskop sieht und doch auf einer horizontalen Ebene zeichnen kann. Das 1842 beschriebene grosse Mikroskop von JAMES SMITH [1] war noch mit der am horizontalen Mikroskop zu benutzenden einfachen WOLLASTON'schen Camera versehen. Auf dem Continente hingegen erwarb sich die SÖMMERING'sche Idee sehr bald viele Freunde. Schon in den dreissiger Jahren ersetzte OBERHÄUSER das Metallspiegelchen durch ein kleines rechtwinkeliges Prisma, dessen gegen das Ocular, beziehungsweise nach oben gekehrte Kathetenflächen Quadrate von etwa 2 mm Seite bildeten. Anfang der vierziger Jahre schien bereits sogar AMICI den SÖMMERING'schen Spiegel seiner eigenen Einrichtung vorzuziehen, indem er seinen Mikroskopen den ersteren beizugeben pflegte (s. bei H. v. MOHL [1] p. 326). Mit der Modification von OBERHÄUSER blieb das Instrument, eigentlich mit Unrecht die OBERHÄUSER'sche Camera lucida genannt, bis vor kurze Zeit vielleicht der verbreitetste Zeichenapparat.

1824 führte JOSEPH FRAUNHOFER [1] das erste Objectschraubenmikrometer ein, welches allgemeinere Anwendung fand, ja in Deutschland die Ocularmikrometer bald beinahe ganz verdrängte. Ursprünglich diente sein Mikrometer gleichzeitig auch als Objecttisch, was allerdings sehr bequem gewesen ist, aber das Mikrometer selbst zu sehr dem Verderben aussetzte. Zur Zeit der Mikrographie v. MOHL's ([1] 1846, p. 307) benutzte man bereits Object-Schraubenmikrometer, die eigens zum Messen auf den gewöhnlich gebrauchten Objecttisch geschraubt wurden. Sie bestehen aus zwei zum Durchlassen des Lichtes durchbohrten Platten; die obere Platte mit dem Object darauf wird in einer Führung der unteren Platte mit der

1824

Mikrometerschraube verschoben. Die bewegliche Platte trägt eine Scala, die unbewegliche eine Marke (oder umgekehrt ist die Scala unbeweglich und die Marke beweglich); andrerseits ist der Schraubenkopf mit einer getheilten Trommel versehen. Die Verschiebung ist also zum Theil auf der Scala, zum Theil auf der Trommel abzulesen, letzteres wenn man den Grad der Verschiebung bei einer ganzen Umdrehung der Schraube, d. h. die Höhe einer Windung kennt. Durch das Sehfeld geht ein diametraler Strich (Spinnewebfaden unter dem Ocular oder eine mit dem Diamanten auf Glas gezogene Linie). Den einen Endpunkt der zu messenden Dimension bringt man genau an den Strich, dann verschiebt man das Object um diese Dimension und liest an Scala und Schraubentrommel ab, ein wie grosser Theil der Schraube vorgeschoben werden musste, bis der entgegengesetzte Endpunkt der betreffenden Dimension an den Strich gelangte. Man ersah also die wahre Grösse des Objectes direct aus dem Betrag der Verschiebung. Die Angaben dieses Instrumentes gingen in den zwanziger Jahren noch viel weiter, als die Leistungen der meisten damaligen Mikroskope, mit welchen man (nach H. v. Mohl [8] p. 81) die Linien eines in 1/1000''', also etwa 2·2 μ getheilten Mikrometers nicht mehr unterscheiden konnte. Erst viel später liess die Vervollkommnung der Mikroskope gewisse Mängel des Instrumentes auffällig werden, welche die äusserste Grenze der Genauigkeit in der Messung, die unser eigener Organismus noch zulässt, damit unerreichbar machen (s. weiter unten).

1827 — 1827 führten J. J. Lister und Th. Hodgkin [1], wenn ich mich nicht irre, zuerst die mikrometrische Methode ein, welche darin besteht, dass man mit dem Zeichenapparat zuerst das Object und dann, bei derselben Vergrösserung, ein Objectmikrometer von genau bekannter Theilung zeichnet und die zwei Bilder mit einander vergleicht. Das war und bleibt auch gleichzeitig die einfachste Methode, die Vergrösserung, bei welcher eine Zeichnung ausgeführt wurde, zu bestimmen.

1828 — Während man bisher die Dickenmessungen unter dem Mikroskope beinahe ganz vernachlässigte, machte G. Dakin [1] 1828 auf die Verwerthbarkeit der Mikrometerschraube zur Einstellung des Mikroskopes in dieser Richtung aufmerksam. Auf einer genau gearbeiteten Mikrometerschraube mit getheiltem Kopfe kann man ablesen, wie weit man den Tubus senken muss, um von der Einstellung des oberen der beiden Punkte, deren Entfernung man kennen will, zu der Einstellung des unteren zu gelangen. Aus dieser scheinbaren Entfernung kann man die wirkliche leicht berechnen, wenn man die Ablenkung der Lichtstrahlen bei ihrem Uebertreten aus dem Deckglase (oder blos aus den Untersuchungsmedien, falls man kein Deckglas benutzt) in die Luftschichte vor dem Objective kennt. Deshalb gab man diesen fein gearbeiteten Mikrometerschrauben in England den Namen Focimeter.

1830 — 1830 gab Andrew Pritchard (bei Goring [1], p. 129) nach Reade den gar nicht unwichtigen Rath, das Mikroskop beim Zeichnen durch starkes Lampenlicht, das Papier dagegen durch das Tageslicht zu beleuchten. Bei der verhältnissmässig geringen Lichtstärke der damaligen Objective, welche bei stärkeren Vergrösserungen ein sehr wenig beleuchtetes Gesichtsfeld ergaben, konnte sich diese Einrichtung nur für das Zeichnen bei schwachen Vergrösserungen eignen. Die heutigen stärksten apochromatischen Objective

geben bei Beleuchtung mit der vollen Apertur des ABBE'schen Beleuchtungsapparates, wie man richtig gefärbte Objecte in der Regel untersuchen muss, ein so helles Gesichtsfeld, dass eine Lichtquelle, welche für die Beobachtung vollkommen ausreicht, für die Beleuchtung der Zeichenfläche gelegentlich noch nicht genügt. Deshalb finde ich es oft von grossem Vortheil, als Lichtquelle für das Mikroskop einen AUER'schen Glühkörper, für die Zeichenfläche das hellste Tageslicht zu benutzen. Bei gleicher Lichtquelle für beide müsste ich auf die Beleuchtung mit der vollen Apertur des ABBE'schen Beleuchtungsapparates verzichten, um den Zeichenstift scharf genug zu sehen. So könnte ich aber wieder gewisse Structurelemente (z. B. die Neurofibrillen), die nur infolge ihrer starken differenzirenden Tinction deutlich hervortreten, nicht genau verfolgen, denn solche Tinctionen kommen nur bei Beleuchtung mit einem Strahlenkegel von grösster Apertur ganz zur Geltung. HUGO v. MOHL [1] sagt p. 326, dass er es niemals nöthig fand, das von PRITCHARD vorgeschlagene Mittel anzuwenden; dagegen würde er den Vorschlag AMICI's, auf schwarzes Papier mit weisser Kreide zu zeichnen, vortrefflich finden, wenn wir ein weisses Zeichenmaterial hätten, welches erlaubte, so feine Linien wie mittelst eines Bleistiftes zu zeichnen. Auf diese Idee ist, wie wir sehen werden, später besonders HARTING [1], Bd. II, p. 287 zurückgekommen. Und auch MOHL hatte bei dem damaligen Stande der Mikrotechnik recht; damals kamen ja lediglich nur ungefärbte Structurbestandtheile zur Beobachtung, deren mikroskopisches Bild ein beleuchtender Strahlenkegel von grosser Apertur ganz ausgelöscht hätte. Feinere Structurverhältnisse waren damals meist nur bei sehr gedämpfter Beleuchtung des Gesichtsfeldes sichtbar, und ein solches Gesichtsfeld erfordert auch ein ebenso wenig, oder noch weniger helles Zeichenfeld, damit das mikroskopische Bild von den Lichtstrahlen des Zeichenfeldes nicht ganz überfluthet werde. Ein schwarzes Zeichenfeld und einen weissen Zeichenstift müssen wir uns heute noch wünschen, wenn wir lebende oder überhaupt ungefärbte Objecte zu zeichnen haben.

1836 HENRI MILNE-EDWARDS und C. DOYÈRE [1] 1836: die erwähnte Modification des AMICI'schen Zeichenapparates für das verticale Mikroskop, welches wir, als das eigentliche Urbild des ABBE'schen, schon erwähnt haben.

1837 Aus dem Jahre 1837 erwähnen wir zunächst aus D. BREWSTER's berühmter Treatise on the Microscope [3] in Betreff der Mikrometrie, dass er die alte primitive Methode JURIN's und seiner Zeitgenossen noch immer nicht verschmähte und eine Liste von Vergleichobjecten (Wollhaare, Sporen von Lycopodium etc.) vorschlug. — ALEXANDER FISCHER [1] trat für die Vortheile der Ocular-Glasmikrometer ein. GORING [2] schlug p. 47 anstatt Spinnewebfäden die Fäden vor, in welche sich in Terpentinöl gelöster Kautschuk ziehen lässt. Weiter beschrieb er ein Mikrometer, welches sowohl bei dem einfachen, als auch bei dem zusammengesetzten Mikroskop anzubringen ist und auf einem ganz neuen Princip beruhte. Er projicirte die Eintheilung eines Perlmuttermikrometers von unten her in das Gesichtsfeld. Die Theilung musste mit dem Object gleichzeitig und gleich scharf gesehen werden; ihren Werth bestimmt man dadurch, dass man ein Glasmikrometer als Object benützt und das projicirende Linsensystem so lange verstellt, bis die Striche des projicirten Mikrometers mit denen des

Objcctmikrometers im Gesichtsfelde zusammenfallen. Die Umstände, dass weniger durchsichtige Objecte die Striche des projicirten Mikrometers vollkommen verdecken und dass diese auch an und für sich nicht scharf genug im Gesichtsfelde hervortreten, liessen MOHL [1] 1846 den Werth dieses Mikrometers nicht sehr hoch anschlagen (p. 285). Die Einrichtung lässt sich auch als Hilfsmittel beim mikroskopischen Zeichnen benutzen (s. w. u. bei HARTING [1] und ROYSTON PIGOTT [1]).

1839 1839 erwähnt CHARLES de CHEVALIER [1] p. 83 von LEBAILLIF in Paris verfertigte Mikrometer. in welchen das Millimeter in 500 Theile getheilt war. Wohl gelang es FROMENT ebenfalls in Paris bald darauf, das Millimeter in 1000 Theile zu theilen, Alles das blieb aber weit hinter den Leistungen von NOBERT zurück, von welchen weiter unten die Rede sein wird. Für das mikroskopische Zeichnen zog CHEVALIER die oben besprochene AMICI'sche Einrichtung des Zeichenapparates vor, bei welcher das Zeichenfeld und der Zeichenstift in das direct gesehene Gesichtsfeld, und nicht umgekehrt das mikroskopische Bild in das direct gesehene Zeichenfeld projicirt wird. Er meinte nämlich — und darin stimmte ihm MOHL [1] 1846 (p. 323) bei —, dass es besser sei, an dem Bilde der zeichnenden Hand einen Theil der Schärfe aufzuopfern und das mikroskopische Bild schärfer zu haben, als umgekehrt.

Am 7. Januar 1839 meldete ARAGO [1] p. 4-7 der französischen Akademie der Wissenschaften L. J. M. DAGUERRE's Verfahren des Fixirens der im Focus der Camera obscura entstehenden Bilder an, nachdem darüber schon 1835 (s. BIOT [1] p. 173) eine kurze Notiz veröffentlicht wurde. Und damit trat die Photographie aus den von WEDGWOOD und DAVY 1802 (s. w. o.) gemachten, ziemlich fruchtlos gebliebenen Anfängen in ein Stadium reger Entwickelung, und auch die von DAVY aufgeworfene Idee der Mikrophotographie konnte von nun an mit besserem Erfolge verwirklicht werden.

Am 19. Aug. legte ARAGO [2] die ausführliche Beschreibung der auf der Lichtempffndlichkeit des Jodsilbers beruhenden Methode des Herstellens der nunmehr sogenannten Daguerréotypen vor, deren erste Erfinder indessen 1814 NICÉPHORE NIÉPCE, seit 1829 mit Daguerre verbündet, gewesen ist.

1840 HARTING veröffentlichte in diesem Jahre [3] und ausführlicher in 1840 [4] seine mikrometrischen Erfahrungen, von welchen ich bloss diejenigen erwähnen will, die auf einer Verwerthung des von LISTER und HODGKIN [1] (s. w. o.) eingeführten Princips beruhen. HARTING mass das auf verschiedene Weise aufgefangene mikroskopische Bild mit einem eigens zu diesem Zwecke construirten Schieberzirkel (s. auch bei HARTING [1] Bd. II, p. 234, Fig. 101) und fand, dass die so erreichbare Genauigkeit der Messungen mit der Kleinheit des Objectes und mit der Stärke der Vergrösserung wächst uud in günstigen Fällen eine sehr grosse sein kann. Bald projicirte er das mikroskopische Bild mit dem SÖMMERING'schen Spiegel auf eine Zeichenfläche, bald fing er das mit dem Sonnenmikroskop erzeugte Bild auf einer matten Scheibe auf, oder er benutzte einfach das Princip des Doppelsehens. Am raschesten arbeitet man mit der letzten, am genauesten mit der zweiten Methode. Diese Arbeit HARTING's verdient übrigens auch deshalb besonders erwähnt zu werden, weil der Gebrauch der modernen Masseinheit des Mikroskopikers, das Mikromillimeter, seit den siebziger Jahren kurz Mikron, 0·001

Millimeter, (bei HARTING mit mmm, heute mit μ bezeichnet) darin zuerst vorgeschlagen wird. Doch brach der Gebrauch des Mikromillimeters, trotz seiner zahlreichen Vortheile besonders gegenüber dem Ausdruck der mikroskopischen Masse in Bruchtheilen des Zolles oder der Linie, nur sehr langsam, am spätesten, ja nicht einmal heute allgemein, in England durch.

Schon 1840 brachte DAGUERRE's Mitteilung Früchte für die Mikrographie, indem DONNÉ [1] schon in diesem Jahre Daguerréotypen verschiedener mikroskopischer Objecte der Akademie der Wissenschaften zu Paris vorlegen konnte. Beinahe gleichzeitig soll übrigens auch DANCER (s. bei BEALE [2], p. 287) Mikrophotographien hergestellt haben. BEALE sagt sogar (ebendaselbst), dass J. B. READE schon 1837 Mikrophotographien auf Papier zu fixiren verstand. Indessen ist das erste praktische Verfahren, photographische Aufnahmen auf Papier zu machen, FOX TALBOT zu verdanken, welcher seine Methode 1839 in drei kleinen Schriften veröffentlichte [1, 2, 3], aber die Erfindung der Photographie vergeblich für sich reclamirte (s. ARAGO [1] p. 171 und BIOT [1]). Dadurch war auch dem grossen Mangel der Daguerréotypen, nicht direct durch Licht copirt werden zu können, zuerst abgeholfen, was einen grossen Fortschritt auch für die Mikrophotographie bedeutet.

1842 empfahl HUGO v. MOHL [2] für Mikrometer eine feine in das Gesichtsfeld hineinragende Nadelspitze anstatt der Fäden aus dem Grunde, weil letztere über einem weniger durchsichtigen Object nur schwer oder gar nicht zu sehen sind. Derselbe Umstand gab wohl auch zur Erfindung des Spitzenmikrometers (Oculaire à vis de rappel) Veranlassung. Ich konnte nicht ermitteln, wer der Erfinder dieses Instrumentes ist, und wo es zuerst beschrieben wurde, auch ist es eigentlich nichts weiter, als eine Modification der von BALTHASAR [1] und HERTEL [1] (s. p. 321 des vorl. W.) gebrauchten Schraubenmikrometer im Focus des Oculars, nur ragen anstatt der Schraubenenden zwei Nadelspitzen in das Gesichtsfeld hinein. Doch will ich das Instrument nicht unerwähnt lassen, weil wir, trotz der zeitraubenden Anwendung der Methode, auch heute noch in die Lage kommen können, ein ähnliches benutzen zu müssen. Die sich diametral gegen einander bewegenden Nadelspitzen werden mit den Endpunkten der zu messenden Dimension des Bildes in Berührung gebracht, und dann wird nach Entfernung des mikroskopischen Präparates ein Glasmikrometer als Object eingestellt und die Entfernung der Nadelspitzen darauf abgelesen. Je feiner und genauer die Eintheilung des Glasmikrometers, eine um so grössere Genauigkeit kann diese Messmethode erreichen. Da wir nun in der That sehr feine und genaue Glasmikrometer besitzen, mit einer Theilung, wie z. B. die der letzten Liniengruppen der NOBERT'schen Probeplatten, deren Sichtbarkeit beinahe mit den äussersten Grenzen der optischen Leistungen unserer heutigen Mikroskope zusammenfällt, so könnte man glauben, die Genauigkeit der Methode liesse gar nichts zu wünschen übrig. Allein die Diffraction des Lichtes an den Nadelspitzen macht, und wenn diese auch noch so fein sind, ihre genaue Einstellung an die Endpunkte der gesuchten Dimension unsicher und auch eine vollkommen genaue Ablesung der feinsten Mikrometertheilung zwischen den Spitzen unmöglich. Die dadurch verursachte Unsicherheit geht so weit, dass man diese Methode kaum mehr anwenden kann, wenn die gesuchte Dimension

kleiner als 3-4 μ ist. Demnach erreicht diese Methode die Zuverlässigkeit des Messens mit dem in das Ocular eingelegten Mikrometer bei weitem nicht, da man auf die letztere Weise Dimensionen von 1-0·5 μ noch genau bestimmen kann (s. w. u.). — Dem der Royal Microscopical Society von JAMES SMITH [1] vorgeführten Mikroskop war, wie erwähnt, als Zeichenapparat blos die mit dem horizontal umgelegten Mikroskop zu benutzende Camera lucida von WOLLASTON beigegeben. Als mikrometrische Methode wurde die Messung des mit der Camera entworfenen Bildes und Dividiren der so gewonnenen Dimensionen mit der Vergrösserungszahl empfohlen. Für Dickenmessungen diente die eingetheilte Mikrometerschraube, und es wurde dabei auch der Einfluss der Luftschicht zwischen Deckglas und Objectiv berücksichtigt.

1844 Den ersten mikrophotographischen Apparat, welcher die Verdunkelung des Zimmers unnöthig macht und in Form eines von einem besonderen Gestell gehaltenen viereckigen Kastens über das nicht zu entfernende Ocular des aufrecht stehenden Mikroskopes geschoben wird, hat 1844 der Apotheker MEYER in Frankfurt a. M. construirt und damit schon verhältnissmässig sehr gute Photogramme von Diatomeen hergestellt (POHL und WESELSKY [1] 1857 gestehen p. 340 in der Fussnote ein, dass sie die Vollkommenheit von MEYER's Positiven nicht erreichen konnten). MEYER's Apparat ist aber nicht nur der erste für das aufrecht stehende Mikroskop, sondern kann auch als der Typus der besten späteren mikrophotographischen Apparate für das aufrecht stehende Mikroskop betrachtet werden. Die späteren Verbesserungen betreffen lediglich den Träger der Camera, die Form der letzteren und ihre Verbindung mit dem Mikroskop.

1844 -45 Die erste mikrographische Arbeit, welche zum Theil durch Mikrophotogramme illustrirt wurde, gab 1845 A. DONNÉ [2] heraus, nachdem er schon 1844 einen „Atlas d'Anatomie microscopique" herausgegeben hatte, dessen Abbildungen von Daguerréotypen copirt waren, die er in Gemeinschaft mit L. FOUCAULT angefertigt hatte. Ein Verfahren, Daguerréotypen zu ätzen und zu copiren, fand er [1] bereits 1839. — HARTING [5] unterwarf die mikrometrischen Methoden noch einmal einer kritischen Besprechung; er betonte die Wichtigkeit der Methode der directen Messung des projicirten mikroskopischen Bildes und theilte die Resultate seiner Messungen, die er mit zwei verschiedenen Ocular-Schraubenmikrometern angestellt hat, mit, um die mit diesen erreichbare Genauigkeit zeigen zu können.

1846 1846 beschrieb NOBERT [1] zuerst seine älteste Probeplatte mit 10 Gruppen und empfahl sie zur Prüfung der damaligen Mikroskope (s. auch w. u.). Wie erwähnt, brachte es in der Verfertigung von Glasmikrometern[1] weder früher noch später irgend Jemand so weit wie NOBERT. Seine Probeplatten fanden wegen der verhältnissmässig grossen Gleichmässigkeit ihrer Eintheilung und der ziemlich genauen Uebereinstimmung der angegebenen und der thatsächlichen Entfernung der Striche innerhalb der

---

[1]) So weit indessen und noch weiter als NOBERT mit diesen ältesten Probeplatten soll es schon der Engländer ROSS (s. u. A. bei G. JACKSON [1], p. 136) mit seinen Kreistheilungen gebracht haben, indem er Linien zog, deren Abstand $^1/_{80000}$", also etwa 0·3 μ gewesen sein soll. Natürlich konnten diese Linien mit den damaligen Mikroskopen nicht unterschieden werden.

einzelnen Gruppen bald eine vielseitige Anwendung in der Mikrometrie. Ja, man könnte sagen, dass die Ausgabe der ersten Probeplatten NOBERT's den Anfang einer neuen Epoche in der Mikrometrie bedeutet. Verschiedene Autoren theilen uns mit, dass NOBERT jene feine Theilungen mit einer Kreistheilmaschine zu Stande gebracht hat [1]. Er selbst veröffentlichte sein Verfahren nie, und seine Kunst, welche die Bewunderung der ganzen Welt erregte, ist durch seinen Tod verloren gegangen. In der ersten der 10 Gruppen von Parallellinien der ältesten NOBERT'schen Prüfungsplatte sind die Linien in Entfernungen von $^1/_{1000}$ Pariser Linie (443 Linien auf 1 mm nach NOBERT, 456 nach HARTING [1] Bd. III, p. 370), in der letzten von $^1/_{4000}$ (1964 Linien auf 1 mm nach NOBERT). Später verfertigte NOBERT Prüfungsplatten mit mehr Liniengruppen, in denen auch die Entfernungen der Linien successive geringer sind, so 1849 [2] Platten mit 15 (s. auch bei HARTING [1] Bd. III, p. 371), 1852 [3] solche mit 20, später mit 30 und zuletzt mit 19 Gruppen (s. w. u.).

Aus dem Jahre 1846 muss ich noch die Mikrographie von MOHL erwähnen [1]. In dieser sind die meisten bis dahin empfohlenen mikrometrischen Messmethoden auf p. 278-320 eingehend kritisch besprochen, wie sie es bisher nur bei HARTING [3], [4] und [5] gewesen sind. Er behauptet, das Object-Schraubenmikrometer fange an, die übrigen Mikrometer in Deutschland beinahe zu verdrängen (p. 303). Den RAMSDEN'schen Apparat als mikroskopisches Ocular-Schraubenmikrometer scheint er nicht benutzt zu haben; er erwähnt blos die von HARTING angestellten Messungen mit diesem Instrumente. Doch hat er die Anwendung des RAMSDEN'schen Oculars beim Mikroskope offenbar noch nicht näher gekannt; er sagt nämlich (p. 314), er sei auf den Gedanken gekommen, „durch den Schraubenmikrometer nicht unmittelbar den Durchmesser des Objectes, sondern den Durchmesser seines in der Blendung des Oculars liegenden Bildes“ zu messen. Zu diesem Zwecke liess er sich „ein sehr festes Stativ verfertigen, an welchem der Mikrometer oberhalb der mit ihm nicht in directer Verbindung stehenden Mikroskopröhre auf eine sehr solide Weise befestigt und durch denselben das Ocular über dem durch die Objectivlinsen entworfenen Bilde verschoben werden konnte“. (Wie wir sehen werden, beruht das spätere Ocular-Schraubenmikrometer MOHL's [3] 1865 auf dem hier zuerst niedergelegten Princip.) Auf diese Weise erreichte er zwar nicht die Genauigkeit der Messungen, die HARTING [5] mit einem von DOLLOND verfertigten RAMSDEN-schen Apparat angestellt hat, aber immerhin einen solchen Grad von Genauigkeit, wie er über die damaligen Grenzen des mikroskopischen Sehens hinaus ging. Da nun schon die Leistungsfähigkeit der damaligen Object-Schraubenmikrometer an und für sich die optischen Leistungen der Mikroskope von jener Zeit weit übertraf, und eine einseitige Steigerung der Genauigkeit des Messapparates ohne gleichzeitige Steigerung der Leistungen des Mikroskopes ohne erheblichen Nutzen bleiben musste, so sah MOHL vorläufig noch keinen Vortheil dabei, den erwähnten Mikrometer an die Stelle des gewöhnlichen Schraubenmikrometers zu setzen. Im Gegentheil steht er

---

[1]) Etwa wie die von ROSS; oder aber mit einem ähnlichen Apparat, wie das Schreibinstrument von PETERS aus 1855, s. w. u. bei R. J. FARRANTS [2].

nach ihm dem letzteren in Hinsicht auf Bequemlichkeit und den zur Messung nöthigen Zeitaufwand nach, indem zur Messung auch nur mässig grosser Körper schon viele Umdrehungen der Schraube nöthig sind. „Besitzen wir dagegen“ sagt MOHL p. 316, „einmal bessere Mikroskope, dann zweifle ich nicht, dass dieser Apparat für die Messung sehr kleiner Körper treffliche Dienste leisten wird.“ Und in der That ist mit den Ocular-Schraubenmikrometern, einerlei ob sie auf dem ursprünglichen RAMSDEN'schen Princip beruhen oder nach MOHL's Angaben verfertigt sind, wie er sein Instrument 20 Jahre später (MOHL [8]) beschrieb, das äusserste erreicht, was wir von mikroskopischen Messapparaten, trotz der grossen Fortschritte des optischen Theiles unserer Mikroskope, heute noch verlangen können. Eigentliche Fortschritte in der Mikrometrie werden wir des weiteren auch nicht zu verzeichnen haben. Die eine Schwierigkeit, welche genauen Messungen mit dem Schraubenmikrometer bei starken Vergrösserungen in dem Wege stand, nämlich die Verschwommenheit der Grenzlinien des Objectes im mikroskopischen Bilde und die Lichtsäume, die dieselben begleiteten, ist heute so ziemlich beseitigt, ausgenommen in Fällen, wo man, wie bei der Untersuchung lebender und ungefärbter, durchsichtiger Objecte, bei gedämpfter Beleuchtung mit einem Strahlenkegel von geringer Apertur beobachten muss. Die andere Schwierigkeit aber, welche darin besteht, dass man den Moment, in dem der Faden oder die Striche des Mikrometers mit dem Grenzpunkte der gesuchten Dimension des Objectes gerade zusammenfallen, nicht sicher genug bestimmen kann, wird kaum je beseitigt werden können, weil sie in der Natur unseres Auges und in der des Lichtes überhaupt liegt. — Nur noch eine Bemerkung aus MOHL's Mikrographie will ich hier erwähnen, welche zeigt, dass HARTING's Ansichten ([4] s. w. oben) in Betreff der Ausdrucksweise der mikrometrischen Masse auch in Deutschland nicht so bald durchgedrungen sind. MOHL bezeichnet es p. 318 als einen wahren Unfug, dass die mikroskopischen Beobachter, welche sich des Schraubenmikrometers bedienen, das Resultat ihrer Beobachtungen in Form eines Decimalbruches publiciren, während sich HARTING gerade gegen diese Verwandlung des Decimalbruches in einen gewöhnlichen Bruch ausspricht. Andrerseits hält auch MOHL das Auskunftsmittel, das HARTING ergriffen hat, indem er 0·001 mm, d. h. das Mikromillimeter als Einheit gebrauchte, für sehr bequem, wenn es sich um geringe Grössen handelt. Nach meiner Ansicht ist es aber, wenigstens in der heutigen Mikrographie, in allen Fällen, in welchen es sich um geringere Grössen als ein Millimeter handelt, rathsamer, diese Grösse in Mikromillimetern, denn in einem gewöhnlichen Bruch des Millimeters auszudrücken, um von den Bruchtheilen des Zolles gar nicht zu reden. Ja wir sind schon nahe daran, für Grössen, die kleiner als ein Mikron sind, eine noch geringere Einheit gebrauchen zu müssen, etwa den tausendsten Theil eines Mikrons, wie in der Optik bei der Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes, zu bezeichnen mit $\mu\mu$, welches man vielleicht anstatt ein Millionstel Millimeter ein Millimikron nennen könnte. Handelt es sich dagegen um Grössen über ein Millimeter, so drücke man diese in Millimetern und Mikren aus. Wenn wir in dieser Beziehung heute von Unfug reden wollten, so könnten wir am ehesten den Gebrauch der Bruchtheile des Zolles oder der Linie so bezeichnen.

Einen weiteren grossen Fortschritt in der Mikrophotographie bedeutet die Einführung der mit lichtempfindlichem Eiweiss bestrichenen Glasplatten von ABEL NIÉPCE DE SAINT-VICTOR [1] 1847 (p. 586-589) und [2] 1848, da diese die Feinheiten des Bildes beim Copiren genauer wiedergeben, als das nach TALBOT (hierzu auch [4] 1841) präparirte Papier mit seinen verhältnissmässig groben Fasern. NIÉPCE DE SAINT-VICTOR versuchte schon 1847 auch Stärke und Gelatine ([1] p. 588) zur Herstellung der lichtempfindlichen Schichte auf der Glasplatte. 1847-48

G. JACKSON [1] beschreibt 1849 eine kleine Neuerung an dem Ocularglasmikrometer, welche in der Anbringung einer Schraube zum Bewegen des Mikrometers in einem Metallrahmen besteht, damit die Linien des Mikrometers leichter zur Deckung der Ränder des Objectes gebracht werden können. Bei dieser Gelegenheit erwähnt er, dass die mögliche Leistung des damals in England gebrauchten RAMSDEN'schen Ocularschraubenmikrometers zehnmal über die optische Leistung der englischen Mikroskope ging, indem ersteres die Messung von etwa 30 Millimikren (Millionstel Millimeter, $^1/_{800\,000}$ Zoll) noch gestatten würde, aber etwa 300 Millimikren weit entfernte, auf Glas gezogene Linien (wie sie ROSS verfertigen konnte) schon jenseits der äussersten Grenze der mikroskopischen Unterscheidbarkeit stehen. Er meint daher, dass die viel handlicheren und billigeren Ocularglasmikrometer vollkommen genügen, da man noch ganz gut solche verwenden kann, deren Eintheilungen bei Benutzung eines 80 mal vergrössernden Objectivs 1-3 Mikren entsprechen, und man ein Viertel der Eintheilungen noch richtig zu schätzen vermag. JACKSON ist einer der wenigen englischen Mikrographen, welche für die mikroskopischen Massangaben in Decimalbrüchen, leider in denen des Zolles, eintreten. In Betreff der für das Ocularglasmikrometer geeignetsten Oculare meint JACKSON p. 137, die sogenannten negativen Oculare seien vorzuziehen, weil sie ein klareres und besser definirtes, mehr achromatisches mikroskopisches Bild geben, als die positiven. Allerdings verursachen die ersteren eine Verzerrung des mikroskopischen Bildes gegen den Rand des Gesichtsfeldes zu, welche bei den letzteren, die auch das Mikrometer selbst deutlicher zeigen, nicht vorkommt. Allein man kann sich bei Anwendung des negativen Oculars auf die Mitte des Gesichtsfeldes, etwa in einer Ausdehnung der Hälfte seines Durchmessers, beschränken, und dort ist die Verzerrung kaum wahrnehmbar. Weiter unten werden wir sehen, dass diese verzerrende Wirkung des Oculars zu einer in gewisser Hinsicht falschen Beurtheilung der Leistungen der Ocularmikrometer durch so hervorragende Mikrographen wie HARTING ([1a], p. 516) und MOHL ([8] p. 90-91) Veranlassung gegeben hat. 1849

Ein Mikrometer, welches auf dem Princip des Rotatory Mikrometer BREWSTER's [2] (s. w. o.) beruht, hat 1850 HERMANN WELCKER [1] beschrieben. Die Spitzen der in das Gesichtsfeld im Focus des Oculars hineinragenden Nadeln werden durch den Kreuzungspunkt von zwei aufeinander verticalen Fäden ersetzt. Der eine Faden geht durch den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes, der andere ist mehr dem Rande desselben genähert. Wird das Object, mit der gesuchten Dimension in der passenden Richtung, so gestellt, dass der Kreuzungspunkt mit dem einen Ende der zu messenden Dimension zusammenfällt, und wird dann das Ocular so weit herumgedreht, bis der 1850

Kreuzungspunkt den anderen Endpunkt derselben deckt, so entspricht die Sehne des Bogens, welchen der Kreuzungspunkt beschrieben hat, dem Producte der gesuchten Dimension und der Vergrösserungsziffer des Objectivs. Die Grösse der Sehne berechnet man aber aus dem Winkel, um welchen das Ocular gedreht wurde, und aus der Entfernung des Kreuzungspunktes von dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes, als Radius des Bogens. Mit dem Ocular ist ein Zeiger verbunden, welcher in die Verlängerung des diametralen Fadens fällt. Zum Ablesen der Drehung des Oculars dient eine am oberen Ende der Mikroskopröhre angebrachte Messingplatte, die die Form eines Kreissectors hat und eine in Grade getheilte Scala trägt. Oder man bestimmt gleich den mikrometrischen Werth der Sehne des Bogens, welchen der Kreuzungspunkt der Fäden bei der Drehung des Oculars um einen gewissen Winkel durchläuft, indem man eine bestimmte Strecke des Objectmikrometers als Sehne des Bogens einstellt. Entspricht zum Beispiel einer so bestimmten Sehne von 100 μ beim Gebrauch eines gewissen Objectivs ein an der Scala der Messingplatte abgelesener Winkel α, so wird sich die Grösse von 100 μ zur gesuchten Dimension eines Objectes verhalten, wie der Sinus des halben Winkels α zu dem Sinus der Hälfte desjenigen Winkels, um welchen wir das Ocular drehen mussten, um den Kreuzungspunkt der Fäden von dem einen Endpunkte der gesuchten Dimension zu dem anderen zu bringen. So liessen sich mit diesem Instrument leicht recht genaue Messungen ausführen, wenn es nicht so mühsam und zeitraubend wäre, diejenige Lage des Bildes im Gesichtsfelde zu finden, bei welcher der Kreuzungspunkt der Fäden mit beiden Endpunkten der gesuchten Dimension zur Deckung kommen kann, denn nur so entspricht diese Dimension der Sehne des Bogens, welchen der Kreuzungspunkt beschreibt. Das ist wohl die Ursache, weshalb dieses sonst so einfache und billige Mikrometer heute gar nicht mehr gebraucht wird. Eine gleich zu beschreibende Modification desselben ist noch einfacher, die directe Berechnung der wahren Grösse des Objectes noch leichter und auch die richtige Einstellung des letzteren nicht schwerer als bei den anderen heute noch gebrauchten Mikrometern.

1851 1851 wurde von FRED. SCOTT ARCHER [1] das nasse Collodiumverfahren in die Photographie eingeführt, nachdem LE GRAY [1] schon 1850 das Ueberziehen der Glasplatten mit Collodium statt mit Eiweiss vorgeschlagen hatte.

1852 1852 zeigt NOBERT [4] (in [3] schon 1851) seine Probeplatte mit 20 Gruppen an (p. 92, Fussnote). In der letzten derselben ist der Abstand der Linien 0·376 μ ($^1/_{6000}$ Pariser Linie). Er beschreibt eine Glasplatte mit Theilungen zur Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes, auf welcher der Abstand der Linien in der letzten Gruppe 0·282 μ (0·000125‴) gewesen ist (p. 84), wie in der 30. Gruppe der 1858 folgenden Probeplatte mit 30 Gruppen, also weit über die Auflösungsgrenzen der damaligen Mikroskope hinaus. Diese Platte kostete 30 Thaler. Das Höchste aber, was in dieser Beziehung je erreicht wurde, leistete NOBERT mit seinen letzten Probeplatten, welche blos 19 Liniengruppen führen, aber in der letzten die Linien so dicht bei einander haben, dass 4430 von ihnen auf ein Millimeter kommen würden, und der Abstand der Linien 225·58, rund 226 Millimikren beträgt (= $^1/_{10000}$‴ nach NOBERT's eigener Angabe). Diese Probeplatten hat

NOBERT gegen die Mitte der sechziger Jahre in den Handel gebracht. Ihre erste Beschreibung, die ich kenne, stammt 1865 von M. SCHULTZE [9]. Die Platten sind, rationeller als die früheren, so eingerichtet, dass die Abstände der Linien der ersten Gruppe $^1/_{1000}'''$ betragen, und jede folgende Gruppe um so vieles enger zusammen liegende Striche enthält, dass der Nenner des Bruches der Linie, welcher die Entfernung der Striche ausdrückt, um je 500 grösser ist; so waren die Entfernungen in der zweiten Gruppe $^1/_{1500}'''$, in der 18. Gruppe $^1/_{9500}'''$, in der 19. $^1/_{10000}'''$. M. SCHULTZE (p. 306) theilt uns über 3 ihm bekannte Exemplare mit, dass die Linien, ausgenommen in den ersten drei Gruppen, in allen drei Platten so wunderbar gleichmässig gezogen und so übereinstimmend in der Schärfe waren, dass ihm die Sache fast unbegreiflich erschien, zumal da die drei Platten nach NOBERT's Angabe mit drei verschiedenen Diamanten geschnitten waren. — KARL VIERORDT [1]: die erste Methode der Blutkörperchenzählung (s. w. u.).

1853 H. EMSMANN [1] beschreibt 1853 FRIEDR. V. HAGENOW's „Patent-Dicatopter", einen Zeichenapparat nach dem AMICI'schen Principe, welcher sich von dem von AMICI [3] 1819 eingeführten nur dadurch unterscheidet, dass das Prisma durch einen unter 65^0 vor dem Ocular befindlichen und demselben zugekehrten grösseren Spiegel ersetzt wird, welcher sich über dem durchbohrten und dem Beobachter zugekehrten kleinen Spiegel befindet. Letzterer steht unter einem Winkel von 17^0 vor dem Ocular, so dass die vom horizontal liegenden Zeichenfeld kommenden Lichtstrahlen durch den grossen Spiegel auf das kleine Spiegelchen und von diesem in das Auge reflectirt werden, wo sie gleichzeitig mit den durch das Loch des kleinen Spiegels vom horizontalen Mikroskope (oder aus dem gebrochenen Ocular, wie beim SÖMMERING'schen Spiegel und dem OBERHÄUSER'schen Prisma) kommenden Lichtstrahlen die Netzhaut treffen. Das Instrument war ursprünglich zum Zeichnen von unvergrösserten Objecten oder höchstens für Lupenvergrösserungen bestimmt. Später (s. w. u.) wurde es aber auch für das zusammmengesetzte Mikroskop eingerichtet. — A. FICK [1]: Instrument zur Flächenbestimmung mikroskopischer Objecte durch Coordinaten. Nicht einmal damals nothwendig, neben den heutigen Zeichenapparaten ganz überflüssig. — Mit der Notiz von DELVES [1] beginnt eine lange Reihe von Publicationen englischer und amerikanischer Autoren über Mikrophotographie. Eine ziemlich vollständige Zusammenstellung derselben findet der Leser in der letzten Ausgabe von BEALE [2] aus 1880 auf p. 484-493. Das nicht für das aufrechte, sondern für das horizontal umgelegte Mikroskop bestimmte Verfahren von DELVES ist um nichts besser, als das von MEYER (s. w. oben) bereits 1844 prakticirte. MEYER selbst hat zwar seinen Apparat nicht beschrieben, doch sagt DELVES, dass schon Andere vor ihm dasselbe Verfahren, allein mit sehr geringem Erfolg angewandt haben. Diese Bemerkung können wir indessen kaum als berechtigt betrachten, wenn wir die bei STEIN [3a] auf Taf. IV, Bd. I wiedergegebenen MEYER'schen Mikrophotogramme von Pleurosigma angulatum und attenuatum mit den DELVES'schen vergleichen (Taf. VII der Trans. Micr. Soc. N. S. vol. I). Nach DELVES ist zum Verfertigen von Mikrophotogrammen keine weitere Vorrichtung nöthig, als eine etwa 24" lange dunkle Kammer, wie die Camera obscura der Photographen, an deren einem Ende sich ein Loch für die Aufnahme des Ocular-Endes

der Mikroskopröhre (im Gegensatz zum MEYER'schen Verfahren nach Entfernen des Oculars) befindet und an dem anderen die matte Scheibe, oder die empfindliche Platte anzubringen ist. Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die empfindliche Platte in eine Entfernung vom Objectiv gestellt werden muss, in welcher die Brennpunkte der photographisch wirksamsten blauen und violetten Strahlen liegen. In Folge der gewöhnlichen chromatischen Uebercorrection der Objective ist diese Entfernung grösser, als in welcher das durch die optisch wirksameren übrigen Strahlen erzeugte deutlichste Bild auf der Visirscheibe entsteht. — Von den weiteren Aufsätzen über Mikrophotographie wollen wir den grössten Theil ganz unerwähnt lassen, manche blos kurz erwähnen und nur diejenigen besprechen, welche einen wesentlicheren Fortschritt in diesem Zweige unserer Technik bedeuten. — SHADBOLT [1]: ausführlichere Beschreibung des vorigen Verfahrens. Concentrirung der chemischen Strahlen auf der empfindlichen Platte durch entsprechende, für das Auge nicht ganz deutliche Einstellung des mikroskopischen Bildes mit der Mikrometerschraube anstatt durch Vergrössern der Entfernung der Platte vom Objectiv. Als künstliche Lichtquelle genügte eine Petroleumlampe in manchen Fällen. — SAMUEL HIGHLEY jun. [1]: eine populäre zusammenfassende Darstellung der damaligen besonders makrophotographischen Verfahren mit Rücksicht auf die Illustrirung naturwissenschaftlicher Werke durch Photogramme. Sie besitzt ein gewisses historisches Interesse, da sie auf indirectem Wege auch zur Verbreitung der Mikrophotographie in England viel beigetragen hat. Das Hauptgewicht wird natürlich auf das damals beste nasse Collodiumverfahren gelegt. — Inmitten einer zeitweiligen allgemeinen Begeisterung für Mikrophotographie trat HODGSON [1] für die Vortheile der mit der Camera lucida verfertigten Abbildungen von mikroskopischen Objecten gegenüber den Mikrophotogrammen ein. Wenn wir bedenken, dass die Mikrophotographie bei der Darstellung der meisten mikroskopischen Objecte, besonders der histologischen Feinheiten nicht einmal heute mit der Zeichnung mit dem Zeichenapparat concurriren kann, so müssen wir HODGSON für die damaligen Verhältnisse unbedingt Recht geben. — HERM. WELCKER [5]: Ocularglasmikrometer in längliche Vierecke getheilt zum Abzählen von Blutkörperchen etc. im Gesichtsfelde. Modification des VIERORDT'schen Verfahrens. (Weiteres hierüber 1854 [6]).

Im Quart. Journ. Micr. Sc., Vol. II. 1854, p. 51-54 sucht ein gewisser H. C. K. die Vortheile des Ocularschraubenmikrometers (cobweb micrometer) gegen JACKSON zu beweisen. JACKSON [2] vertheidigt seinen Standpunkt, und HENRY COLES [1] will das einfachste und dennoch vollkommen befriedigende mikrometrische Verfahren in der Anwendung der Camera lucida und des Objectglasmikrometers entdeckt haben, welches indessen, wie wir sahen, schon sehr alt ist und wahrscheinlich von LISTER und HODGKIN 1827 stammt. Die Einzelheiten der Anwendung dieser Methode haben indessen BEALE und die meisten späteren Mikrographen von COLES gelernt.

1854-55 J. H. WENHAM [1] kehrt bei mikrophotographischen Aufnahmen zur Verdunkelung des Zimmers, in welches blos durch eine Spalte Sonnenstrahlen eindringen, zurück und vermeidet die Camera obscura durch Vorrichtungen, welche von J. J. WOODWARD [7] später zu einem besonderen Typus der

mikrophotographischen Verfahren vervollkommnet wurden. Die chromatisch übercorrigirten Objective macht er durch Einschaltung einer biconvexen Linse in das Objectiv hinter der hintersten Linse untercorrigirt und sucht das Zusammenfallen der optischen und chemischen Brennpunkte so zu erreichen. Er drückt seine Ueberzeugung aus (p. 6), dass die Structur der schwierigsten Diatomeen blos auf photographischem Wege je erschlossen wird. Von künstlichen Lichtquellen führten weder Oel- oder Petroleum-, noch Gaslampen zu befriedigenden Resultaten. Die Verbrennung von Phosphor oder von Zinkspähnen gab ein Licht von genügender Intensität, ebenso eine Reihe von elektrischen Funken, durch Entladungen einer Leidener Flasche erhalten. Während WENHAM dem elektrischen Funken und dem elektrischen Bogenlicht zwischen Kohlenspitzen einen grossen Gehalt an chemischen Strahlen zuschreibt, glaubt er, dass das ebenfalls versuchte Knallgaslicht (Hydro-Oxygen Licht, DRUMMOND'sches oder Kalklicht) trotz seiner grossen Intensität nicht genug chemische Strahlen enthält. Doch sind letztere Beleuchtungsmethoden viel zu umständlich und kostspielig, um das directe Sonnenlicht ersetzen zu können. — Dagegen ist G. BUSK [2] 1854 mit Gas und einem gewöhnlichen ARGAND'schen Brenner bei 5-15 Minuten langer Exposition ausgekommen. — KINGSLEY [1] benutzte 1854 mit einem eigens dazu construirten Apparat DRUMMOND'sches Licht, dessen photographische Wirksamkeit er durch ein mit Aesculinlösung gefülltes Lichtfilter zu erhöhen suchte. — Die ersten trockenen Collodiumplatten, welche ihre Lichtempfindlichkeit eine gewisse Zeit lang bewahren, wurden durch TAUPENOT (s. bei CHEVREUL [1] p. 384) und anderthalb Jahre später durch ROBIQUET und DUBOSCQ [1] 1855 hergestellt (bei NEUHAUSS [1] p. 174 falsche Angaben). — R. J. FARRANTS [2] beschrieb das Schreibinstrument von PETERS, ein System von Hebeln, wodurch die Bewegungsexcurse der Hand 110-6250 mal (p. 58) verkleinert werden können. FARRANTS sagt auf p. 63, dass, wenn man die Bewegungen, die durch dieses Instrument zu übertragen sind, mit Schrauben dergl. regulirte, er es nicht einsehe, warum man damit NOBERT's Leistungen nicht übertreffen könnte. Man könnte damit ganz gut Linien von 1/600000" Entfernung, also in Intervallen von etwa 0·04 μ, oder 40 Millimikren ziehen (und so die letzte Leistung NOBERT's in seinen Täfelchen mit 19 Gruppen weit übertreffen). Es ist nur die Frage, ob eine Diamantspitze fein genug dazu und irgend ein Glas geeignet zur Aufnahme solcher Linien wäre. Ich weiss nichts davon, ob man die PETERS'sche Maschine für solche Zwecke später wirklich benützt hat, oder ob nicht NOBERT selbst eine ähnliche Maschine benützte. Jedenfalls ist so etwas nicht allgemeiner bekannt geworden (s. indessen weiter unten FASOLDT [1] 1881).

H. WELCKER [8] 1856: leichte Herstellung eines Ocularfadenkreuzes **1856** aus Canadabalsam (p. 31). — In K. B. HELLER's [1] kleinem Leitfaden zum Gebrauch des Mikroskops ist die Einrichtung des HAGENOW'schen Dikatopters für das zusammengesetzte Mikroskop (p. 51) beschrieben. — W. HODGSON [2]: Modification des WELCKER'schen Mikrometers (s. w. o.). Anstatt der kreissectorförmigen Platte ist eine von der Form eines rechtwinkligen Dreiecks angebracht, so dass, wenn die eine Kathete in die Verlängerung des diagonalen Fadens fällt, also radial, die andere mit dem anderen, den diagonalen vertical kreuzenden, excentrischen Faden parallel

läuft, also tangential auf das Gesichtsfeld ist. Vor der Einstellung des Objectes wird der am Ocular befindliche Zeiger, welcher in die Verlängerung des diagonalen Fadens fällt, so gestellt, dass seine Richtung mit der entsprechenden Kathete der dreieckigen Platte zusammenfällt. Das Object wird nun so eingestellt, dass der eine Endpunkt der zu messenden Dimension in den Kreuzungspunkt der Fäden fällt und der andere auf dem kürzeren Faden liegt. Dann wird das Ocular so weit herumgedreht, bis der längere Faden den anderen Endpunkt der gesuchten Dimension berührt. In dieser Lage bildet die Zeigerlinie die Hypotenuse eines rechtwinkeligen Dreiecks, dessen eine Kathete, die radiale Seite der rechtwinkeligen Platte, constant und bekannt ist, die andere Kathete leicht makroskopisch gemessen werden kann, da sie die Entfernung der Stelle, wo der Zeiger die tangentiale Kathete der dreieckigen Platte schneidet, von dem Eckpunkt des rechten Winkels derselben Platte ist. Die gesuchte Dimension ist aber die der letzteren entsprechende Kathete eines kleineren, dem obigen ähnlichen Dreiecks. Der mikrometrische Werth der anderen Kathete dieses kleineren Dreiecks, der Entfernung des Kreuzungspunktes der beiden Fäden von dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes, kann für jedes Objectiv leicht ein und für alle Mal mit einem Objectmikrometer bestimmt werden. Dadurch ist aber auch die gesuchte Dimension bestimmt, denn sie verhält sich zur gemessenen Kathete des grossen Dreiecks, wie der mit dem Mikrometer ein für alle Mal bestimmte mikrometrische Werth der Kathete des kleinen Dreiecks zur bekannten Kathete des grossen Dreiecks. Deckt zum Beispiel die Entfernung des Fadenkreuzungspunktes vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes bei einem gewissen Objectivsystem 5 Theile eines in 10 Mikra getheilten Objectmikrometers, ist also ihr mikrometrischer Werth 50 Mikren, und ist die radiale Kathete der dreieckigen Platte 5 cm lang (50 000 : 50), dann entspricht jedes Millimeter der vom Zeiger auf der tangentialen Kathete der dreieckigen Platte angegebenen Länge einem Mikromillimeter der gesuchten Dimension des Objectes. Es ist eigentlich zu verwundern, dass diese verhältnissmässig sehr genaue und doch so einfache mikrometrische Methode heute so viel wie gar nicht mehr angewendet wird. Ihrem Werthe nach dürfte sie etwa zwischen den Messungen mit dem Ocularglasmikrometer und den Ocular-Schraubenmikrometern stehen. — HODGSON [3] empfiehlt als Ersatz für die etwas theueren Glasmikrometer Collodiumabdrücke von solchen. Diese werden wie ein gewöhnliches mikroskopisches Präparat (am besten in Luft) eingeschlossen und benützt. Als Ocularglasmikrometer können beliebig verkleinerte Photogramme von makroskopischen Masstäben auf Collodiumglasplatten dienen.

1857 JOS. JOH. POHL und PH. WESELSKY [1] theilten ihre Erfahrungen über die Mikrophotographie mit dem gewöhnlichen Mikroskop bei Belassung des Oculars 1857 mit. Sie waren es, die seit 1852 die lose Verbindung des Mikroskops mit der photographischen Camera durch einen lichtdichten Aermel zuerst empfahlen. Das Mikroskop stand senkrecht, die Camera, auf einem soliden Gestell, horizontal. Die vom Objectiv kommenden Lichtstrahlen wurden durch ein rechtwinkeliges Prisma in ein horizontales Ansatzstück mit dem Ocular (gebrochenes Ocular) gelenkt, und auf dieses wurde der Aermel aufgebunden. — BERTSCH, A. [1]: Mikrophotogramme von

Diatomen, Blutkörperchen etc. bei 500fachen Vergrösserung, welche seinerzeit sehr gerühmt wurden.

WELCKER, H. [7 und 7a] 1859: Methoden der Dickenmessungen unter dem Mikroskop. WELCKER beschäftigt sich zuerst eingehender mit der Fehlerquelle, welche bei solchen Messungen darin besteht, dass man die Niveauunterschiede, falls sich das Object in einem stärker als Luft brechenden Medium befindet, kleiner sieht, als sie in Wirklichkeit sind, und zwar ist der Unterschied zwischen dem wirklichen und dem scheinbaren Werthe um so grösser, je grösser der Unterschied in der Lichtbrechung des Mediums über und unter dem Deckglase. WELCKER hat die wahre Dicke von Schichten verschiedener Substanzen experimentell festgestellt, wenn die scheinbare Dicke 100 ist. Für Wasser u. A. ist dieser Betrag 138, für Blutserum 139, für Hühnereiweiss 140, für Glycerin 148, für Canadabalsam 154·5. Diese Fehlerquelle ist aber nicht vorhanden, wenn man in Wasser eingeschlossene Objecte mit Wasserimmersionssystemen untersucht; sie ist zu vernachlässigen, wenn man mit solchen Systemen Objecte in organischen, sogenannten indifferenten Medien beobachtet. In Balsam eingeschlossene Objecte müssen wir dagegen heute mit Olimmersionssystemen untersuchen, wenn wir Dickenmessungen vornehmen und die gefundenen Werthe nicht nachträglich corrigiren wollen. Eine allgemeine Formel für solche Correctionen haben später NÄGELI und SCHWENDENER [1] vorgeschlagen (s. w. u.). 1859

Nach NACHET's Meinung ([2] 1860) sind diejenigen nach dem WOLLASTON'schen Princip construirten Zeichenprismen ganz zu vermeiden, welche eine Umkehrung des mikroskopischen Bildes verursachen[1]. Bei der WOLLASTON'schen Camera, wo die vom Object kommenden Strahlen zweimal reflectirt werden, ist dieses allerdings nicht der Fall, aber das Instrument hat wieder andere Nachtheile[2]. Das NACHET'sche Zeichenprisma, schon seit 1860

[1]) In diese Kategorie gehört auch das in den fünfziger Jahren sehr verbreitete ältere Zeichenprisma (die sogenannte gewöhnliche Camera lucida) von NACHET selbst. Es projicirt das umgekehrte mikroskopische Bild auf eine mit der optischen Axe parallele Fläche, so dass man das Zeichenpapier je nach dem vertical oder unter 45⁰ auf ein Pult stellen oder das Mikroskop horizontal umlegen muss. Das Prisma über dem Ocular ist aus einem vierseitigen Prisma dadurch hergestellt, dass an zwei gegenüberliegenden Seiten je eine dreieckige Fläche in der Weise abgeschliffen ist, dass diese in einer horizontalen Kante zusammenstossen, welche oben, gegenüber der dem Ocular zugekehrten Basalfläche des Prismas liegt. Die durch letztere Fläche eingetretenen Strahlen werden von der von dem Zeichner abgewandten dreieckigen Facette in das Auge reflectirt und von diesem auf das Zeichenfeld projicirt, welches von dem über der erwähnten oberen Kante hinwegblickenden Auge direct gesehen wird. Das mikroskopische Bild erscheint, da die vom Object kommenden Lichtstrahlen nur einmal reflectirt werden, ziemlich scharf, aber, wie gesagt, umgekehrt. Die richtige Einstellung muss sehr schwer gewesen sein.

[2]) NACHET zieht hier nicht in Betracht, dass auch andere Instrumente dieser Kategorie die Umkehrung des Bildes vermeiden, so das SÖMMERING-sche Spiegelchen und das OBERHÄUSER'sche Zeichenprisma, wenn die

längerer Zeit im Handel, aber vom Erfinder selbst hier zuerst beschrieben, vereinigt die zwei Amici'schen reflectirenden Flächen in einem Prisma. Dieses ist vierseitig, von rhomboidischem Querschnitt. Die eine Schmalseite befindet sich über dem Ocular, die mit dieser einen stumpfen Winkel bildende, untere Langseite ist horizontal und ragt über die Zeichenfläche hervor. Die vom Zeichenfeld kommenden Lichtstrahlen werden zuerst von der zweiten Schmalseite reflectirt und dann von der Schmalseite über dem Ocular in das Auge gelenkt. Dieser Schmalseite ist ein kleines dreiseitiges Prisma in der Weise aufgeklebt, dass die dem mikroskopischen Bilde zugekehrte Seite desselben parallel mit der dem Auge zugekehrten Langseite des grossen Prismas liegt. So haben die vom Object kommenden Lichtstrahlen zwei parallele Grenzflächen zu passiren und gelangen deshalb in ihrer ursprünglichen Richtung gleichzeitig mit den vom Zeichenstift kommenden in das Auge. Die Stelle der Schmalseite des grossen Prismas, wo das kleine Prisma aufgeklebt ist, wird die vom Zeichenstift kommenden Strahlen nicht reflectiren, ebenso wenig wie die Stelle des Amici'schen kleinen Spiegels, wo sich das Loch befindet. Dieser so entstandene kaum bemerbar lichtschwächere Fleck in der Mitte des Zeichenfeldes stört aber ebensowenig, wie bei Benutzung des Sömmering'schen Spiegels jener Umstand, dass das Spiegelchen eine kleine Stelle des Zeichenfeldes verdeckt. Damit das Zeichenfeld weiter vom Fusse des Mikroskops gerückt werden kann, ist die untere Langseite des für das verticale Mikroskop bestimmten Prismas schräg etwas abgeschliffen. Dadurch wird das Bild ein wenig verzerrt; dem ist aber leicht abgeholfen, wenn man auch die Zeichenfläche unter einem Winkel zur Horizontalen neigt, dessen Sinus das Product des Brechungsindexes des des Prismas und des Sinus jenes Winkels ist, welchen die schräg abgeschliffene Eintrittsfläche des Prismas mit der Horizontalen bildet. — Für das geneigte Mikroskop modificirt Nachet die beschriebene Vorrichtung, indem er das vierseitige Prisma mit einem dreiseitigen rechtwinkeligen vertauscht. Die Hypotenusenfläche steht vertical auf der optischen Axe des Mikroskops; die eine Kathetenfläche ist gegen das Ocular, die andere gegen das Zeichenfeld gekehrt. Die dem Ocular zugekehrte Fläche des angeklebten kleinen Prismas ist also mit der Hypotenusenfläche parallel. Die erste Reflexion der vom Zeichenfeld kommenden Lichtstrahlen geschieht auf der Hypotenusenfläche, die zweite auf der dem Ocular zugekehrten Kathetenfläche, von wo die Strahlen durch die Hypotenusenfläche, die sie nunmehr vertical treffen, in das Auge gelangen. Der Vortheil dieser Einrichtung ist, dass das Auge in bequemster Stellung des Kopfes in das Mikroskop hineinschaut und nicht vertical in das Prisma blickt, wie bei der Wollaston'schen Camera und den anderen für das horizontale Mikroskop bestimmten. — Woods, Thomas [1]: eine andere Ausführung des Vorschlages von Hodgson, Mikrometer durch Photographie auf Glas herzustellen.

---

erste Umkehrung des Bildes durch ein rechtwinkeliges Prisma während des Uebertrittes der Strahlen aus dem verticalen Mikroskoprohr in das horizontale Ansatzstück erfolgt und die zweite auf dem Spiegelchen, oder auf der Hypotenusenfläche des kleinen Prismas.

Zu dem von Hessling und Kollmann [1] 1861 angefangenen Atlas der allgemeinen thierischen Gewebelehre hat Jos. Albert Mikrophotogramme geliefert, die seiner Zeit ein gewisses Aufsehen erregten. Doch standen der allgemeineren Verbreitung der Mikrophotographie noch manche Hindernisse in dem Wege. Die geringe Lichtempfindlichkeit der trocknen Collodiumplatten machte Sonnenlicht unentbehrlich, oder man war auf das nasse Collodiumverfahren angewiesen. — Indessen beschrieb Gaudin [1] schon in diesem Jahre eine Jod- und Chlorsilber-Collodium-Emulsion zur Herstellung von Trockenplatten. **1861**

Jene Schwierigkeiten wurden auch durch die Entdeckung von C. Russell [1] 1862, dass die Collodiumplatten, wenn sie mit einer 4procentigen Tanninlösung übergossen und im Dunkeln getrocknet werden, ihre Lichtempfindlichkeit länger als einen Monat bewahren, nicht beseitigt. — Rood, O. N. [1]: Einrichtung für Mikrophotographie mit dem horizontalen Mikroskop. Die ausziehbare photographische Camera von der auch heute gebräuchlichen Form ist sammt dem horizontal befestigten Mikroskop zwischen hölzernen Schienen zu verschieben. Ebenso, wie wir die mikrophotographische Vorrichtung Meyer's als den Typus der besten späteren mikrophotographischen Apparate für das aufrecht stehende Mikroskop, als den Typus der gegenwärtigen kleineren Apparate, wie auch u. A. die von C. Zeiss und C. Reichert geführten kleinen mikrophotographischen Camera, bezeichnen konnten, so verdient die Vorrichtung von Rood als der Typus der grossen Apparate mit Camera für das horizontal umgelegte Mikroskop betrachtet zu werden. Die späteren Verbesserungen betreffen die Form der photographischen Camera und besonders ihre Verbindung mit dem Mikroskop, welche vollkommen lichtdicht sein und die Uebertragung der Erschütterungen der Camera auf das Mikroskop und umgekehrt doch ausschliessen soll; weiter betreffen sie die Art und Weise der Bewegung der Mikrometerschraube aus der Entfernung, in welcher sich die Visirscheibe vom Mikroskop befindet, damit die feinere Einstellung während des Visirens möglich sei. Während bei den Apparaten nach dem Meyer'schen Typus und auch bei dem von Pohl und Weselsky die Projection des Bildes auf die empfindliche Platte durch Objectiv und Ocular erfolgte, ist bei dem Rood'schen Apparat, wie überhaupt bei allen erwähnten und den meisten noch zu erwähnenden englischen, das Ocular — und oft auch der obere, ausziehbare Theil des Tubus — in der Regel zu entfernen. Deshalb muss die Ocularvergrösserung durch eine grössere Entfernung der empfindlichen Platte vom Objectiv ersetzt werden; bei Rood war diese 5 Fuss. Dadurch wird aber eine sehr lange photographische Camera, z. B. von zwei Meter oder noch mehr, nöthig. Weil nun solche langen Camerae unbequem zu behandeln sind, liessen manche Mikrographen, so, wie wir sahen, Wenham und später (s. w. u.) Woodward, die Camera ganz weg; sie machten ihre Aufnahmen in einem eigens eingerichteten verdunkelten Zimmer und konnten so die empfindliche Platte so weit vom Objectiv aufstellen, wie es nur die Tiefe des Zimmers erlaubte. Um übrigens die Vergrösserung des Negativbildes noch zu steigern, benutzte gelegentlich auch Rood das Ocular, dessen Abstand von der photographischen Platte 34″ war bei 12″ langem Tubus. — Maddox, R. L. [7]: eine mikrophotographische Einrichtung nach demselben Typus wie die **1862**

von ROOD. Ausserdem benutzte MADDOX zu dieser Zeit, und zwar bis 1871 (s. bei VAN HEURCK [3], p. 244) mit Vorliebe, eine Vorrichtung nach dem WENHAM-WOODWARD'schen Typus ohne Camera. — In der 2. Auflage des viel benutzten Leitfadens von H. SCHACHT [2] „Das Mikroskop und seine Anwendung etc.", welcher in manchen Punkten nicht mehr auf der Höhe der damaligen Mikrotechnik stand, finde ich auf p. 38 die Erwähnung einer Camera lucida von SCHIEK, die ich nicht kenne. SCHACHT scheint die „chambre claire ordinaire" von NACHET (s. 1. Anm. zu p. 343) dem OBERHÄUSER'schen Zeichenprisma vorgezogen zu haben. Von mikrometrischen Methoden empfiehlt SCHACHT (p. 81) besonders das Messen mit dem Ocularglasmikrometer und das Projiciren eines Objectmikrometers auf die mit der Camera lucida entworfene Zeichnung des Objectes. Von den Ocularschraubenmikrometern spricht er weniger günstig.

1863 1863 erschien das erste deutsche Lehrbuch der Mikrophotographie von JOSEPH GERLACH [5]. GERLACH verdanken wir keine grösseren Fortschritte in der Mikrophotographie, wohl aber die allgemeinere Verbreitung mikrophotographischer Kenntnisse in Deutschland. GERLACH's mikrophotographischer Apparat steht mehreren früheren, namentlich dem MEYER'schen aus 1844 entschieden nach. Die ziemlich plumpe und schwere photographische Camera lastet direct auf der Feder der Mikrometerschraube des aufrecht stehenden Mikroskops und macht das feinere Einstellen unsicher. Wegen der sonst grossen Einfachheit der GERLACH'schen Vorrichtung griffen indessen auch später wiederholt verschiedene Autoren auf diesen Typus zurück, nur bestrebten sie sich, die auf dem Tubus ruhende Last möglichst zu vermindern (s. weiter unten). Am Wesentlichsten unterscheidet sich die GERLACH'sche Form vom MEYER'schen Typus dadurch, dass erstens die photographische Camera direct auf den Tubus geschraubt wird, dessen oberer, ausziehbarer Theil entfernt ist, und zweitens, dass kein Ocular dabei gebraucht wird, weshalb die Negative viel kleiner ausfallen. — THOMAS DAVIES [2] schlägt zuerst vor, gewisse Gegenstände, so ungefärbte Krystalle, welche in gewöhnlichem Lichte sehr matte Photogramme geben, im polarisirten Lichte zu photographiren. Er versichert, dass die photographische Wirkung des polarisirten Lichtes der des gewöhnlichen nicht nachsteht. Leider trifft diese Behauptung nur bei schwachen Vergrösserungen und für Objecte mit sehr starker Doppelbrechung zu. Weniger stark doppelt brechende Structurelemente, denen wir in der thierischen Morphologie meist begegnen, geben, besonders bei starken Vergrösserungen, zwischen gekreuzten Nicols zu lichtschwache mikroskopische Bilder und lassen sich deshalb auf diese Weise nur sehr unvollkommen photographiren. Doch darf man die Mikrophotographie im polarisirten Lichte auch als morphologisches Beweismittel nicht unterschätzen. — MADDOX, R. L., [5] sucht die Gründe derer zu bekämpfen, die Zeichnungen zur Illustration mikrographischer Untersuchungen den Mikrophotogrammen vorziehen. Man behauptete, die Anwendbarkeit der Mikrophotographie sei sehr beschränkt, weil nur von Objecten, die in einer Ebene liegen, die ganze Oberfläche dargestellt werden kann, und man nur das Bild einer gerade eingestellten Ebene erhält und sich deshalb auf die Darstellung gewisser Einzelheiten der Structur des Objectes beschränken muss, während der Zeichner manche Beobachtungen, die er bei verschiedener Ein-

stellung gemacht hat, in einem Bilde combiniren kann. Gegen diese Vorwürfe, die, wären unsere wichtigsten Anforderungen nicht ganz andere geworden, heute ebenso berechtigt wären, wie damals, kann MADDOX immer nur die grosse, durch Zeichnung nur mit viel Mühe oder überhaupt nicht zu erreichende Treue der photographischen Abbildung anführen. Das heute noch sehr empfundene, grösste Gebrechen der Mikrophotographie ist indessen nach meiner Ansicht nicht, dass sie blos die gerade eingestellte Ebene abbilden kann, sondern, im Gegentheil, dass auch die über und unter der eingestellten Ebene gelegenen Schichten des Objectes, und zwar in Gestalt von störenden Flecken und Schatten, in der Abbildung zum Vorschein kommen. Deshalb können die allerbesten Mikrophotogramme weit weniger deutlich, ja sogar weniger genau als eine gute, mit dem Zeichenapparat (z. B. dem ABBE'schen) entworfene Zeichnung das mikroskopische Bild von feineren histologischen Structuren, die eine stärkere Vergrösserung erfordern, wiedergeben (s. auch weiter unten).

1864-65

Auch aus dem zwei Jahre später, 1865 erschienenen Aufsatz von R. L. MADDOX [6] über die Vortheile der Mikrophotographie („photomicrography") können wir nur so viel entnehmen, dass das Verfahren in den vorhergehenden 5 Jahren in England weder populärer, noch irgend wie wesentlich verbessert wurde. Die hauptsächlichen Klagen sind noch immer die Unbequemheit des nassen Collodiumverfahrens und der Mangel einer künstlichen Lichtquelle, welche bei den trocknen Collodiumplatten das directe Sonnenlicht entbehrlich machen könnte. Als künstliche Lichtquelle versuchte übrigens 1864 MADDOX [8a] zuerst die Verbrennung von Magnesium. Das Magnesiumlicht wurde von nun an in der Mikrophotographie sehr viel benützt. — 1864 [1] und 1865 [1a] schlug CASTRACANE das durch prismatische Zerlegung des Sonnenlichtes erhaltene monochromatische Licht, dessen grossen Einfluss auf die auflösende (resolvirende, unterscheidende) Kraft des damaligen Mikroskops er zuerst an Diatomeenschalen nachgewiesen hat (s. weiter unten), auch für photographische Aufnahmen vor. Er selbst wurde auf diese Methode der monochromatischen Beleuchtung durch AMICI, welcher sie schon seit längerer Zeit anwendete, aber nicht veröffentlichte, aufmerksam gemacht. Hiermit beginnt die monochromatische Beleuchtung besonders mit den am stärksten brechbaren, kurzwelligen Lichtstrahlen, jene grosse Rolle in der Mikroskopie zu spielen. — RUTHERFURD, LEWIS M. [1] erwähnt (p. 309), dass WALES nach seiner Anweisung mikroskopische Objective hergestellt hat, die eigens für die chemischen Strahlen corrigirt sind und deshalb in violettem Lichte bei derselben Einstellung für Beobachtungen und photographische Aufnahmen benutzt werden können: eine Aufgabe, welche, wie bekannt, erst durch die Apochromate in befriedigender Weise gelöst wurde, ohne dass man zur monochromatischen Beleuchtung greifen müsste. HEURCK, HENRI VAN [1]: ein mikrophotographischer Apparat nach dem MEYER'schen Typus (p. 62), aber für Aufnahmen ohne Ocular. — HUGO v. MOHL [3] beschreibt nach eingehender Kritik der Object- und Ocularglasmikrometer und der Objectschraubenmikrometer eine Modification des RAMSDEN'schen Ocular-Schraubenmikrometers, welche von den Mängeln des letzteren frei sein soll. Bei dem RAMSDEN'schen Ocular-Schraubenmikrometer liest man den Abstand des beweglichen Ocularfadens vom unbeweglichen ab, wenn die Endpunkte der

zu messenden, auf die Fäden vertical gerichteten Dimension mit den Fäden zusammenfallen. Die durch das Ocular verursachte Verzerrung des Bildes in den ausseraxialen Zonen des Gesichtsfeldes würde man also auch mit messen. Um diesem vermeintlichen Fehler zu entgehen, misst MOHL „die Grösse des durch das Objectiv entworfenen Bildes nicht unter dem feststehenden Oculare durch Bewegung des Spinnenfadens“, sondern er führt „das Ocular mit dem Fadenkreuze mittelst der Mikrometerschraube quer über das Bild weg. Hierbei wird also das Bild nur durch die Axe des Oculars betrachtet, und es kann eine die Sicherheit der Messung beeinträchtigende Verzerrung des Bildes durch das Ocular ebensowenig wie beim FRAUENHOFER'schen“ (dem Objectschrauben-) „Mikrometer stattfinden“ (p. 91). Nach diesem MOHL-schen Princip sind die Ocular-Schraubenmikrometer, welche die Firma C. ZEISS gegenwärtig liefert, eingerichtet und weiter verbessert. Bei der Bewegung der Schraube hat man den Eindruck, als ob das Object, wie beim Object-Schraubenmikrometer, durch das Gesichtsfeld geführt würde, und das Ocular-fadenkreuz still stände. Der MOHL'sche Einwurf, welcher als Veranlassung zur Modification des RAMSDEN'schen Ocular-Schraubenmikrometers diente, ist indessen nicht stichhaltig. Durch die vom Ocular verursachte Verzerrung des mikroskopischen Bildes wird die Genauigkeit der Messung nur insofern und nur dann beeinträchtigt, wenn die Verzerrung die Konturlinien des Bildes auch undeutlich macht und so die richtige Einstellung des Fadens erschwert. Es wird ja nicht das vom Ocular verzerrte Bild, sondern das Objectivbild gemessen, und es ist ganz einerlei, wie die durch die Schraube gemessene Entfernung von zwei Punkten des Objectivbildes durch das Ocular betrachtet aussieht, wenn das Bild nur scharf genug ist. Wir legen den gebrauchten Masstab sozusagen auf das Objectivbild, und das Ocular zeigt uns beide in derselben Weise und in demselben Grade verändert. Man kann ja ein Object mit einem Masstab auch dann genau messen, wenn man eine verzerrende Brille aufhat. Ganz anders ist es, wenn das Objectiv ein in den ausseraxialen Zonen verzerrtes Bild giebt, wie es auch in der That mehr oder weniger der Fall ist. Dem hilft aber auch die Modification MOHL's nichts, dann muss man den zu messenden Gegenstand so wie so in die Mitte des objectiven Gesichtsfeldes bringen, was bei so kleinen Dimensionen, für welche MOHL's Instrument bestimmt ist, stets leicht möglich ist. MOHL beruft sich auf Messungen HARTING's. Dieser war aber in denselben Irrthum verfallen. Er erwähnt 1859 [1a] p. 516, dass er bei der Messung von 10 Abtheilungen eines Glasmikrometers mit einem RAMSDEN'schen Ocular-Schraubenmikrometer 75·8 Grade des Index erhielt, wenn er die 10 Abtheilungen einzeln im Centrum des Gesichtsfeldes mass, während diese auf einmal direct gemessen blos 73·5 Grade, also beinahe um $^1/_{33}$ weniger ausmachten (in [1], Bd. II, p. 237-238). Den Grund davon sehen wir mit NÄGELI und SCHWENDENER [1] p. 279 darin, dass das gemessene Objectivbild selbst ungleichmässig und zwar gegen den Rand zu schwächer vergrössert war. Die zweite Aussetzung, welche MOHL an den bisherigen Ocular-Schraubenmikrometern zu machen fand, betrifft ihre Anbringung an einem gewöhnlichen Mikroskop, welches keine hinreichende Stabilität gewährt. Deshalb liess er das Stativ und den ganzen Mechanismus des Mikroskops eigens für mikrometrische Messungen einrichten. Natürlich ist jedem, der mikrometrische Messungen

nicht zu seiner besonderen Aufgabe macht, sondern diese blos als Mittel zur genauen Beschreibung seines Gegenstandes benutzt, eine solche umständliche Einrichtung ganz überflüssig. Das MOHL'sche Mikrometer (in der gegenwärtigen ZEISS'schen Form) ist auch ohne sie unser vollkommenstes mikroskopisches Messinstrument, dessen mechanische Leistungsfähigkeit heute noch weit über die Grenzen der Unterscheidbarkeit des mikroskopischen Bildes geht; aber es ist nur deshalb besser als das RAMSDEN'sche, weil damit stets die optisch tadelloseste mittlere Zone des Oculars während der Messung benutzt wird. Den wichtigsten Mängeln jeder Mikrometrie können MOHL's Vorsichtsmassregeln ebenso wenig wie irgend etwas abhelfen: es bleibt immer noch schwer, die zu messende Dimension genau in die Richtung der Bewegung der Mikrometerschraube zu bringen, d. h. vertical auf den Faden oder die Theilstriche des Mikrometers zu stellen, und — wie schon erwähnt — unsicher der Moment, in welchem die Endpunkte der zu messenden Dimension in die Fadenlinie fallen. Deshalb ist es unmöglich, den Durchmesser von sehr dünnen fadenförmigen (zumal noch geschlängelten) oder sehr kleinen punktförmigen Gegenständen (etwa unter 0·5 μ) mit irgend einem mikroskopischen Messinstrument genau zu messen. Dazu giebt es blos das von mir wiederholt angewandte Mittel, nämlich die betreffenden Gegenstände bei stärkster Vergrösserung mit dem ABBE'schen Zeichenapparat nachzuzeichnen (oder zu photographiren) und dann das Bild mikroskopisch zu messen. Wie ich diese Methode ausführe, soll weiter unten gezeigt werden. — M. SCHULTZE [11]: die erste Beschreibung der NOBERT'schen Probeplatten mit 19 Gruppen. — In dem ebenfalls 1865 erschienenen ersten Theil des „Mikroskop" von NÄGELI und SCHWENDENER [1] sind diese Probeplatten noch nicht erwähnt. Die auf p. 343 des vorl. Werkes berührte Formel der Autoren für die bei Dickenmessungen mit Trockensystemen nothwendige Correction ist auf p. 236 besprochen. Nach ihr ist die wirkliche Niveaudifferenz (die zu bestimmende Dicke) um $1 - \frac{1}{n}$ grösser als die scheinbare (etwa durch die Mikrometerschraube angegebene Dicke), wobei n den Brechungsindex des Mediums, in welchem sich das Object befindet, bedeutet. Dieser Ausdruck ist in den meisten vorkommenden Fällen, wenn die beleuchtenden Lichtstrahlen, welche die Apertur des Objectivsystems noch zu fassen im Stande ist, nicht zu schief sind, annähernd richtig. Steigt aber die mittlere Neigung der Lichtstrahlen über 12-18°, so muss bei der Correction eine ebenfalls angegebene complicirtere trigonometrische Formel benutzt werden.

1866 erwähnt zunächst J. J. WOODWARD [7], dass er und EDWARD CURTIS bereits vor der Veröffentlichung der Versuche CASTRACANE's monochromatisches Licht mit Vortheil bei mikrophotographischen Aufnahmen mit starken Objectiven benutzten. Ein violettes Licht wurde erzielt durch Filtrirung der Sonnenstrahlen durch eine Lösung von Kupfersulfat-Ammoniak. Sie arbeiteten ohne Ocular, und zwar entweder allein mit einem Objectiv von $^1/_{50}$" Brennweite oder mit einem durch WALES für die actinischen Strahlen corrigirten Objectiv von $^1/_8$", dessen vergrössernde Kraft durch einen „Amplifier" anstatt eines Oculars erhöht wurde. Der Amplifier, WOODWARD's Erfindung, besteht aus einer für photographische Strahlen corrigirten, achro- 1866

matischen Concavlinse, welche in den Tubus eingeführt wird. In dem richtigen Abstand vom Objectiv angebracht, lässt ein solcher Amplifier für das in beliebiger Weite aufgefangene Bild den von dem Objectiv gegebenen Strahlengang mit ungeänderter Correction fortbestehen, während die Projection des Bildes mittelst der gewöhnlichen Oculare am Ende des Mikroskoptubus beträchtliche Fehler sphärischer und chromatischer Art einführen kann, welche die Schärfe und Genauigkeit des Bildes beeinträchtigen. Sowohl mit dem $^1/_{50}$'' Objectiv allein, als auch mit dem $^1/_8$zölligen und dem Amplifier wurden direct 2500fach vergrösserte Bilder erhalten. Eine weitere photographische Vergrösserung solcher Bilder von Pleurosigma angulatum zeigte, dass die Felder desselben nicht hexagonal, sondern kreisrund sind, wie es der früheren Auffassung WENHAM's (s. w. u.) entspricht. Wenn wir in Betracht ziehen, dass die gegenwärtig gemachten besten Mikrophotogramme zu demselben Resultate führen, so müssen wir WOODWARD's Aufnahmen für sehr gelungen halten, und man hat sie seiner Zeit mit Recht bewundert. Im selben Jahre gab er eine ausführliche Beschreibung seines Verfahrens [8], welches als die höchste Vervollkommnung des WENHAM'schen Typus bezeichnet werden dürfte. Dabei wird, wie wir bereits sahen, keine photographische Camera benutzt, sondern das ganze Zimmer verdunkelt und blos eine kleine Oeffnung am Fenster für den Eintritt der durch einen Heliostat aufgefangenen Sonnenstrahlen belassen. Zur feineren Einstellung benutzte er nicht, wie Andere, die matte Scheibe, sondern eine Spiegelglasplatte und eine Stelllupe: ein Fortschritt, dessen Verdienst NEUHAUSS [2] p. 19 mit Unrecht FRITSCH [1] (1869) zuschreibt. Um diffuses Licht zur Vermeidung von Diffractionssäumen zu erhalten, schob WOODWARD eine matte Scheibe in den Weg der Lichtstrahlen. Die Entfernung der photographischen Platte vom Objectiv ging nicht über 3-4 Fuss. Da keine Camera benutzt wurde, so war auch eine directe Berührung des Mikroskops mit dem photographischen Apparat vermieden; allerdings war das Mikroskop auf demselben Tisch, wie der Plattenhalter, befestigt. So finden wir sämmtliche, gegenwärtig anerkannte, wichtigste Bedingungen von guten Aufnahmen, mit Ausnahme von einer, schon bei WOODWARD erfüllt. Dieser Punkt betrifft die Beleuchtung. WOODWARD war noch nicht zur Einsicht gekommen, dass die richtigste Beleuchtung für Aufnahmen mit starken Objectiven die Projection des scharfen Bildes der Lichtquelle genau in die Ebene des Objectes ist. Deshalb suchte er die Diffractionssäume, welche bei Aufnahmen mit Objectiven von grosser Apertur auf diese Weise verschwunden wären, nur durch die erwähnte Einschaltung von matten Scheiben zu vermeiden. Trotz ihrer Vortheile haben Einrichtungen nach WOODWARD für den praktischen Mikrographen, der Mikrophotographie nicht als Specialität betreibt, keinen Werth, weil sie zu umständlich sind, zu viel Aufwand an Zeit, Raum und Geld kosten. Dasselbe gilt übrigens auch von der Benützung des grossen mikrophotographischen Apparates von ZEISS, welchen wir weiter unten betrachten wollen. Derselbe ist entschieden der vollkommenste seiner Art; aber auch bei diesem steht das, was er uns nutzen kann, in keinem Verhältniss zu dem, was die Aufnahmen in jeder Beziehung kosten. Uns lohnt sich die Mikrophotographie als Abbildungsmethode nur dann, wenn wir rasch und billig Aufnahmen herstellen können. Eine ganz andere, und,

man könnte sagen, noch grössere Bedeutung hat die Mikrophotographie als Untersuchungsmethode in Folge des Umstandes, dass gerade die actinischen, die photographirenden Lichtstrahlen dem Auge am wenigsten wahrnehmbar sind, und deshalb Veränderungen in ihrem Gange Eigenschaften unseres Gegenstandes enthüllen können, die wir sonst nicht sehen würden. Diesen Punkt wollen wir jetzt aber unberührt lassen und die Mikrophotographie nur als Abbildungsmethode berücksichtigen. Im Allgemeinen können die an und für sich vollkommensten, complicirtesten mikrophotographischen Apparate den Zeichenapparat ebenso wenig ersetzen, wie die einfachsten und bescheidensten. Für uns wird es sich des Weiteren lediglich nur darum handeln, ob es wirklich billige, rasche, nicht umständliche Verfahren giebt zur Beschaffung von Photogrammen in Fällen, in welchen das Object durch Zeichnung mit der Camera lucida bedeutend weniger leicht und weniger genau und instructiv abzubilden ist. — Ebenfalls 1866 ist das vielgelesene oder wenigstens viel citirte Lehrbuch der Mikrophotographie von A. Moitessier [1] erschienen. Wesentliche Neuerungen brachte es nicht, nur zahlreiche praktische Winke und eine übersichtliche Darstellung des bereits Bekannten. Neuhauss [2] p. 12 meint, es gehöre Moitessier der Ruhm, auf die Vorzüge der horizontalen Anordnung des ganzen mikrophotographischen Apparates, wobei auch das Mikroskop horizontal umgelegt ist (nicht wie bei Pohl und Weselsky vertical steht), zuerst mit Nachdruck hingewiesen zu haben. Da indessen sämmtliche englische und amerikanische Mikrophotographen seit jeher die horizontale Anordnung, und zwar wie Rood, Wenham, Woodward, Maddox u. A. mit bestem Erfolge, benützten, so ist Moitessier's Verdienst wohl richtiger so auszudrücken, dass er vielleicht am meisten zur Verbreitung dieses Verfahrens auf dem Continente beitrug. So unterscheidet sich der horizontale Apparat von Moitessier in keinem wesentlichen Punkt von dem von Maddox z. B., noch weniger als dieser von dem Rood'schen. Dagegen ist der verticale Apparat von Moitessier bei einer kaum geringeren Handlichkeit als die anderen damaligen leistungsfähiger. Die auf drei Holzfüssen stehende Balgcamera geht oben in einen hölzernen Kasten mit seitlicher Thüre über. Zum Visiren dient eine mit weissem Papier überzogene Tafel, und das Bild, welches bei schwächerer Vergrösserung und guter Beleuchtung deutlich genug sichtbar ist, wird durch die seitliche Thür betrachtet. Für sehr kleine Aufnahmen, die noch nachträglich vergrössert werden müssen, legte er die Casette mit der photographischen Platte direct auf den Mikroskoptubus an Stelle des Oculars: ein Verfahren, welches später von van Heurck verbessert und sehr empfohlen wurde (s. w. u.). — Aus der zweiten deutschen Originalausgabe des „Mikroskop“ von Harting [1] erwähnen wir hier, dass er zum Zeichnen mit der Camera lucida eine Schiefertafel, wie seiner Zeit schon Amici, oder schwarzes Schieferpapier empfiehlt, worauf „mit einem Griffel recht fein gezeichnet werden kann“ (Bd. II, p. 278). Schieferpapier ist, trotz seiner Rauhigkeit, deshalb vorzuziehen, weil man darauf die Zeichnung mit einer Leimlösung fixiren kann. Und in der That ist dieser alte Vorschlag in manchen Fällen heute noch unser einziges Auskunftsmittel; so, wenn man ungefärbte und schwach brechende, namentlich lebende Objecte, z. B. Amoeben, Infusorien u. dergl. rasch zeichnen will. Eine andere von Harting sehr

empfohlene Zeichenmethode ist die mit dem „tragbaren Sonnenmikroskope“ (Bd. II, p. 279). Ein nach oben erweiterter, trichterförmiger Ansatz, von einer vierbeinigen hölzernen Bank von passender Höhe getragen, kommt über das Ocular. Falls störendes Nebenlicht von oben und unten ausgeschlossen ist, kann man das mikroskopische Bild auf einer matten Scheibe, welche in die obere Oeffnung des Ansatzes gelegt ist, auffangen und dort auf geöltem Papier nachzeichnen. — Denselben Apparat, durch einen lichtdichten Kautschukärmel mit dem Mikroskoptubus verbunden, benutzte HARTING auch zu mikrophotographischen Aufnahmen: gewiss die handlichste und für schwache Vergrösserungen auch genügende Einrichtung. Die Anfertigung mikroskopischer Photographien hebt er als ein nicht unwichtiges Hilfsmittel hervor, womit man tiefer in den feineren Bau der Körper eindringen kann. „Die aktinischen Strahlen“, sagt er (Bd. II, p. 294), „verhalten sich in dieser Hinsicht wie die polarisirten Strahlen. Man kann sie beide noch nutzbar verwenden, wenn das gewöhnliche Licht nicht ausreicht, unserem Auge Abweichungen in dem Gange der Aetherschwingungen sichtbar zu machen, die ihrerseits nur die Folgen bestimmter Differenzen der Gestaltung oder des molekulären Zustandes der Körper sind“. — Besser als die in Vierecke getheilten Glasmikrometer ist beim Ausmessen des Flächeninhaltes mikroskopischer Gegenstände nach HARTING (Bd. II, p. 267) eine matt geschliffene Glasplatte von etwa 30 cm^2, welche durch parallele, einander kreuzende Tintenstriche in mindestens 300-400 Vierecke von gleicher Grösse getheilt ist. Das Bild dieser Theilung wird durch ein achromatisches Linsensystem von unten her in das Gesichtsfeld projicirt, also mit dem Object gleichzeitig gesehen. Zum Bestimmen des mikrometrischen Werthes der Vierecke dient, wie gewöhnlich, ein Objectmikrometer. Das ist, wie wir sehen, im Wesentlichen die bereits von GORING [2] 1837 vorgeschlagene mikrometrische Methode, und sie leidet auch an demselben Gebrechen, dass die Linien nur dann einigermassen deutlich zu sehen sind, wenn das Object ziemlich durchsichtig ist. Viel besser und einfacher ist es, so weit unsere Erfahrung reicht, das Bild des Objectes mittelst des Zeichenapparates auf sogenanntes Millimeterpapier zu entwerfen und dann den mikrometrischen Werth des Quadratmillimeters des Papiers auf die übliche Weise bei der gebrauchten Vergrösserung zu bestimmen. Nur bei ungefärbten und sehr durchsichtigen, schwach brechenden Objecten ist die HARTING'sche Methode vorzuziehen, da solche Gegenstände den Zeichenapparat sehr schwer benützen, aber die von unten auf sie projicirte Eintheilung umso deutlicher wahrnehmen lassen.

1867 — 1867 ist der erste Theil des „Mikroskop“ von LEOPOLD DIPPEL [1a] und der zweite Theil des ebenso betitelten, vorhin bereits citirten Werkes von NÄGELI und SCHWENDENER [1] erschienen. Bei DIPPEL ist unter den Zeichenapparaten p. 233 „das GERLING'sche Zeichenprisma“ erwähnt, welches indessen kein Prisma ist, da es sich eben nur darin von dem MILNE EDWARDS- und DOYÈRE-schen Apparat für das verticale Mikroskop unterscheidet, dass der kleine Spiegel über dem Ocular nicht durchbohrt, sondern so klein ist, wie der SÖMMERING'sche. DIPPEL sagt irrthümlich, dass, da beide unter $22^1/_2{}^0$ gegen die Horizontale geneigt sind, die Zeichenfläche ebenso liegen muss. Dazu müssten sie mit einander, wie sie auch zur Horizontalen

liegen, einen Winkel von 11¼⁰ bilden. Das Spitzenocular (oculaire à vis de rappel s. p. 333 dieses Werkes) wird auf p. 244 besonders als Hilfsmittel bei Zählungen von Streifen, Punkten, Fasern u. dergl. empfohlen, es soll aber auch Messungen von für die meisten Fälle genügender Genauigkeit gestatten. Und in der That würde das Instrument auch heute mehr Beachtung verdienen, allerdings nur in Fällen, in welchen die Anwendung der noch bequemeren Ocularglasmikrometer auf Schwierigkeiten stösst. DIPPEL meint, die Fehler, welche durch die Beugung der Lichtstrahlen an den feinen Spitzen verursacht werden, seien kaum von irgend einem Einflusse, jedenfalls aber nicht von der Bedeutung, die man ihnen von manchen Seiten zugeschrieben hat. Ich meinerseits finde, dass diese Beugung der Lichtstrahlen gerade beim Abzählen von sehr dicht gelagerten, feinen Streifen, wie z. B. die der Amphipleura pellucida, doch sehr störend ist; sie ist es aber selbst bei den Ocular-Schraubenmikrometern, bei welchen es auch schwer fallen kann, den Spinnewebfaden genau auf einen gegebenen Streifen einzustellen. Andrerseits hat das Spitzenocular einen bis jetzt kaum genug gewürdigten Vortheil, nämlich dass bei seiner Anwendung die Schwierigkeit, die gesuchte Dimension vertical auf die Theilstriche oder auf den Spinnewebfaden einzustellen, hinwegfällt; es ist viel leichter, die zwei Spitzen der Nadeln mit den Endpunkten der gesuchten Dimension in Berührung zu bringen; besonders leicht wäre dies namentlich, wenn die Spitzen durch die Schrauben nicht nur einander diametral entgegenbewegt, sondern auch um das Ocular herum im Kreise gedreht werden könnten. — Auf p. 211-212 (mit Figuren 149-150) ist das photographische Mikroskop von MÖLLER und EMMERICH in Giessen beschrieben. Das ganze Instrument ist auf zwei Säulen um eine horizontale Axe drehbar, wie das von NACHET und anderen. Die feine Einstellung geschieht durch Heben und Senken des Objectes. Wie alle ähnlichen, kann der Apparat nur für die allerelementarsten mikrophotographischen Arbeiten dienen. — Während DIPPEL die verschiedenen Messmethoden ganz eingehend (hauptsächlich auf Grund der bereits besprochenen Werke HARTING's und MOHL's) erörtert und grossen Werth auf die äusserste erreichbare Genauigkeit in der Mikrometrie legt (p. 236-245 und 379-405), behandeln NÄGELI und SCHWENDENER [1] den Gegenstand sehr kurz (p. 274-283), indem sie der Ueberzeugung sind, dass die einfachsten Ocularglasmikrometer, welche sie noch am eingehendsten beschreiben, den Bedürfnissen der praktischen Mikrographie vollkommen genügen. Eine weiter gehende Genauigkeit als die vom Ocularglasmikrometer erlaubte, halten sie für illusorisch. „Wenn manche Beobachter,“ heisst es auf p. 277, „die Genauigkeit der directen Messung durch mehrmalige Wiederholung bis auf 0·1 Mik. gesteigert haben wollen, so sind solche Angaben für rein illusorisch zu halten, weil die Art der Einstellung innerhalb viel weiter gezogener Grenzen von der subjectiven Anschauung abhängt. Man lasse zwei geübte Beobachter an einem und demselben Object und mit demselben Mikroskop wiederholte Messungen ausführen. Das Object sei scharf begrenzt und die Messungen nach der üblichen Berechnungsweise bis auf 0·1 Mik. genau. Wenn alsdann nicht ein reiner Zufall im Spiele ist, so wird die Vergleichung der gefundenen Mittelwerthe Differenzen ergeben, welche bei Objecten von 10 Mik. Durchmesser und darüber das 5-10fache des vermeintlichen Fehlers betragen. Wozu also diese doch nur scheinbare

Genauigkeit?" Es wird behauptet, dass die Schraubenmikrometer durch die bequemen und viel wohlfeileren Glasmikrometer fast gänzlich verdrängt worden sind. In der That spielen sie in der praktischen Mikrographie auch heute nur selten irgend eine Rolle, und eine der erwähnten ähnliche Auffassung scheint ganz allgemein geworden zu sein. Die Behauptung, dass der Fehler beim Messen eines 10 μ grossen Gegenstandes bis zu 1 μ, also bis zu 10 Procent gehen kann, trifft bei den heutigen Mikroskopen nicht einmal für die Ocularglasmikrometer zu, falls nur das mikroskopische Bild nicht durch Diffractionserscheinungen gefälscht ist, welche die Endpunkte der zu messenden Dimension verdecken und die Bestimmung derselben einer willkürlichen Schätzung überlassen. Beruht das mikroskopische Bild auf durch Absorption bewirktem, starkem Contrast, was in schwierigen Fällen stets zu erstreben, wenn auch leider nicht immer zu erreichen ist, so kann die Genauigkeit der Messungen bei starker Vergrösserung (z. B. mit dem apochrom. Objectiv 2 mm von ZEISS und Compensationsocular 6 mit Glasmikrometer) sogar mit dem Ocularglasmikrometer ohne Mühe bis zu 1/2 μ, allerdings auch mit dem Ocular-Schraubenmikrometer nicht viel über 1/4 μ gehen. Beim Messen von grösseren organischen Gegenständen, ja schon von einigen Mikren an, hat 1/4 μ hin oder her nur in den allerseltensten Fällen, vielleicht nie, irgend welche Bedeutung; allein wie oft kommen wir heutzutage bei histologischen und cytologischen Arbeiten in die Lage, Dimensionen, die weit unter 1 Mikron sind, bestimmen zu müssen! Natürlich handelt es sich nur um die Bestimmung des Durchmessers von punktförmig erscheinenden oder um die der Dicke von fadenförmig erscheinenden Gebilden oder um die der Intervalle, welche diese von einander trennen. Aber gerade dazu taugt das feinste Schraubenmikrometer aus den wiederholt erwähnten Gründen auch nicht viel. Dazu ist die auf p. 324 von uns erst kurz berührte, weiter unten noch zu besprechende Methode am besten. Alles in Allem haben also NÄGELI und SCHWENDENER darin Recht, dass der praktische Mikrograph die theueren Schraubenmikrometer ganz gut entbehren und sich mit dem Ocularglasmikrometer begnügen kann. Auf p. 277 wird BÉNÈCHE's „Ocular mit verstellbarem Mikrometer" erwähnt. Dieses ist das von G. JACKSON [1] 1847 (s. p. 337 d. v. W.) modificirte, verschiebbare Ocularglasmikrometer, dadurch noch verbessert, dass die Ocularlinse in einer Hülse auf- und abbewegt und so dem Auge des Beobachters angepasst werden kann, damit dieser die Theilstriche möglichst genau sieht. NÄGELI und SCHWENDENER meinen zwar, dass diese Verschiebbarkeit der Ocularlinse in senkrechter Richtung sich für die meisten Beobachter als ziemlich überflüssig erweise, da die Theilstriche auch bei verschiedener Sehweite der Augen deutlich wahrnehmbar seien; doch weiss ich aus eigener Erfahrung mit dem ZEISS'schen Ocularglasmikrometer für das Compensationsocular 6, wie wichtig die Verstellbarkeit der Linse ist. Erstens ist ja die Deutlichkeit der Theilstriche ebenso wichtig, wie die der Konturen des zu messenden Gegenstandes, und zweitens ist es am besten, wenn Konturen und Theilstriche gleich dunkel im Gesichtsfelde erscheinen, und die Verstellbarkeit der Linse giebt uns ein Mittel in die Hand, die Dunkelheit der Theilstriche innerhalb gewisser Grenzen, ohne sie undeutlich zu machen, zu variiren. Deshalb hat der Erfinder dieser Neuerung einen nicht geringen Antheil an dem Verdienste der Vervollkommnung der Ocularglasmikrometer. — Aus dem

Jahre 1867 erwähnen wir nur noch die Beiträge zur mikrophotographischen Technik von BERTHOLD BENECKE [1]. Er benützte eine photographische Camera im Wesentlichen wie bei gewöhnlichen Aufnahmen, nur mit einem länger ausziehbaren Balg. Die mikroskopischen Objective schraubte er direct an die Camera, an Stelle der gewöhnlichen photographischen Linsen, an das vordere Ende des durch Zahn und Trieb verstellbaren Tubus, welcher dieselben trägt. In das hintere Ende dieses Tubus steckte er eventuell das Ocular. Die grobe Einstellung erfolgte durch Bewegung dieses Tubus, die feine durch Bewegung des Objecttisches. Letzterer wurde durch zwei von der Camera parallel nach vorne verlaufenden Messingstangen getragen. Somit waren Camera, Mikroskop und Objecttisch fest mit einander verbunden, und jede Erschütterung der Camera beim Einschieben der Casette mit der photographischen Platte musste auf den Objecttisch übertragen werden und die feine Einstellung verändern. Dazu kam noch, dass das ganze Gestell der Camera viel zu beweglich war. Die Einrichtung von BENECKE steht also in jeder Beziehung hinter der nach dem ROOD'schen Typus der englischen und amerikanischen Mikrophotographen. Auch die Art und Weise des Visirens ist bei WOODWARD viel besser; BENECKE benützte nämlich als Visirscheibe nicht eine Spiegelglasplatte wie WOODWARD, sondern zur gröberen Einstellung die matte Scheibe und zur feineren das Luftbild an Stelle der entfernten matten Scheibe, welches er mit einer in der entsprechenden Ebene beweglichen Lupe, wie WOODWARD das auf der Spiegelglasplatte befindliche Bild, betrachtete. — Für sehr kleine Aufnahmen schlägt BENECKE das oben erwähnte Verfahren MOITESSIER's vor; denn eine so grosse Last dem Mikroskop aufzulegen, wie es GERLACH thut, erscheint ihm (p. 68) wegen der dadurch gefährdeten Stabilität des Apparates und wegen der nicht zu vermeidenden Beschädigung der Schraube für die feine Einstellung nicht gerathen. Die beste Art und Weise der Beleuchtung ist auch BENECKE noch völlig unbekannt. Anstatt das Bild der Lichtquelle mit dem Condensor in die Objectebene zu projiciren, lässt er eine besondere Beleuchtungslinse blos dazu dienen, mit oder ohne Hülfe des Spiegels auf dem zwischen ihr und dem Objecttisch eingeschalteten matten Glase einen Kreis von bestimmter Grösse hell zu erleuchten, welcher dann die eigentliche Lichtquelle für den Apparat darstellt (p. 71). Erst das von hier ausgehende Licht wird vom Condensor auf das Object „concentrirt". Dass aber das Bild des erleuchteten Kreises auf der matten Scheibe in die Objectebene projicirt werden sollte, davon ist nichts erwähnt und auch nichts dafür vorgesehen. Was endlich die Aufnahme selbst betrifft, so bediente sich BENECKE ausschliesslich des nassen Collodiumverfahrens; beschrieben wird wenigstens, mit Verweis auf MOITESSIER, nur dieses.

1868 sind zwei Lehrbücher der Mikrophotographie in deutscher Sprache erschienen, nämlich das von REICHARDT und STÜRENBURG [1] und die deutsche Bearbeitung des MOITESSIER'schen Werkes von BENECKE [2]. Wesentlich Neues finden wir in keinem. BENECKE beschreibt zwar eine Modification seines oben besprochenen Apparates, welche aber kaum ernst genommen werden kann. Anstatt sich eines Heliostats zu bedienen, um die Sonnenstrahlen während des ganzen Tages automatisch auf den Apparat zu richten, stellt er den ganzen Apparat auf ein parallactisches Stativ, wie ein astrono-

1868

misches Fernrohr. — In der vierten, 1868 erschienenen Auflage des Lehrbuches von LIONEL S. BEALE [1] ist die Mikrophotographie p. 229-279 besonders eingehend, aber ohne eigene Förderung ihrer Technik durch den Verfasser, behandelt, und es ist natürlich beinahe nur auf die Methoden englischer und amerikanischer Mikrophotographen Rücksicht genommen, ebenso, wie die erwähnten deutschen Bücher vorwiegend continentale Forscher berücksichtigen. Wer sich also ein Bild von dem damaligen Stande der Mikrophotographie verschaffen will, muss die z. B. bei BENECKE (oder MOITESSIER) befindlichen Angaben durch die bei BEALE vervollständigen. Auch wird er sich dabei davon überzeugen können, dass die mikrophotographische Technik jenseits des Canals weiter vorgeschritten war, als auf dem Continente, wo sie erst, wie wir gleich sehen werden, vom nächsten Jahre an, besonders durch FRITSCH, allmählich dieselbe Entwickelung erreichte. Verhältnissmässig sehr stiefmütterlich sind bei BEALE die Zeichen- und Messmethoden auf p. 26-28, bezw. 35-37 behandelt. Von Instrumenten sind für die ersteren blos die WOLLASTON'sche Camera, das SÖMMERING'sche Spiegelchen und ein „neutral tint glass reflector", für die letzteren das RAMSDEN'sche Ocular-Schraubenmikrometer, das JACKSON'sche Ocularglasmikrometer und das Objectglasmikrometer erwähnt. Der „neutral tint glass reflector" ist der einfachste Zeichenapparat, den man sich denken kann. Er besteht aus einem bläulichgrau gefärbten Stückchen Spiegelglas, welches unter 45^{0} vor dem Ocular des horizontal umgelegten Mikroskopes angebracht ist. Die vom Object kommenden Lichstrahlen werden durch das Glasplättchen unter rechtem Winkel in das senkrecht nach unten blickende Auge reflectirt, welches gleichzeitig auch das Zeichenfeld auf dem Tische unter dem Glasplättchen sehen kann. Natürlich projicirt das Auge das mikroskopische Bild umgekehrt auf das Papier, so wie u. A. die „chambre claire ordinaire" von NACHET. So gut, wie mit mehreren der erwähnten theueren Apparaten kann man auch mit diesem beinahe nichts kostenden arbeiten. Als Messmethode empfiehlt BEALE am meisten (p. 37) das directe Vergleichen des mit der Camera lucida entworfenen Bildes von Object und Objectglasmikrometer bei derselben Vergrösserung.

1869 — 1869 veröffentlichte G. FRITSCH [1] sein mikrophotographisches Verfahren, welches man in Deutschland als einen grossen Fortschritt pries. Einen Fortschritt bedeutet es in manchen Hinsichten gegenüber den in Deutschland damals üblichen Methoden. Aber es giebt in dem ganzen Verfahren FRITSCH's kein wesentlicheres Moment, worin die Priorität nicht einem oder anderem der erwähnten englischen oder amerikanischen Mikrographen gehörte. Zunächst ist die lose, Erschütterungen nicht übertragende Verbindung des Mikroskops und der Camera während der Aufnahme mehr oder weniger auch bei ihnen durchgeführt; ja schon WENHAM stellte sogar das Mikroskop und den Rahmen für die Casette auf besondere Ständer, allerdings gebrauchte er, wie wir sahen, keine Camera, sondern machte die Aufnahmen im verdunkelten Zimmer. Die horizontale Hintereinanderlagerung der einzelnen Bestandtheile des Apparates war auch schon alt, und zur Verlängerung der Mikrometerschraube, um aus grösserer Entfernung einstellen zu können, wurden von ROOD, WENHAM, WOODWARD und MADDOX verschiedene, ebenfalls zweckmässige Einrichtungen vorgeschlagen; allerdings ist der von

FRITSCH gebrauchte HOOKE'sche Schlüssel zum Bewegen der Mikrometerschraube am besten. Die feine Einstellung auf einer Spiegelglasplatte mit Stelllupe, nach NEUHAUSS [2] p. 19 ein gewaltiger Fortschritt, ist, wie erwähnt, WOODWARD's Erfindung. Auch die Anordnung von MADDOX u. A. gestattet „vor Beginn der eigentlichen photographischen Arbeit das aufzunehmende Präparat mit Hilfe des Oculars unbehindert zu durchmustern, die zur Aufnahme am meisten geeignete Stelle aufzusuchen, die Beleuchtung zu regeln und dann erst durch Heranschieben der photographischen Camera .... den Tubus mit der Camera in Verbindung zu bringen" (NEUHAUSS [2] p. 15). Diese Verbindung geschah bei FRITSCH, wie bei den meisten continentalen Mikrophotographen, durch Ueberziehen eines lichtdichten Aermels, bei MADDOX durch Hineinstecken des Tubus in die runde, mit Sammet u. dergl. gefütterte centrale Oeffnung des Stirnbrettes der Camera, indem letztere auf den Schienen des gemeinsamen Laufbrettes an das Mikroskop geschoben wurde. Die continentale Methode war in dieser Beziehung entschieden besser, wenn auch nicht bequemer. Wesentlich besser machte die Einrichtung FRITSCH erst viel später, Anfang der achtziger Jahre, auf Initiative von R. KOCH [1] (s. w. u.), als er zwischen der eigentlichen Camera und dem Mikroskop einen kurzen Zwischenblasebalg anbrachte, welcher mit dem Tubus des Mikroskops durch einen kegelförmig geschnittenen lichtdichten Tuchsack verbunden ist. Man braucht nur diese Zwischencamera zusammenzuschieben, um mit dem Kopf an das Ocular des Mikroskops kommen zu können, ohne die eigentliche Camera oder das Mikroskop irgendwie verrücken zu müssen (s. w. u. BÖRNER [1] 1885). Allerdings ist es ziemlich ermüdend, längere Zeit so mit nach der Seite geneigtem Kopfe zu beobachten, und deshalb blieb der letzte Schritt, welcher in dieser Richtung noch zu thun war, übrig, nämlich Mikroskop und Camera auf besondere, auf Schienen laufende Tische zu stellen. — BOURMANS [1] bringt unter 45° einen nur leicht versilberten Spiegel in den Tubus des Mikroskops so, dass etwa 25% des Lichtes durch den Spiegel zum Ocular gelangen, das übrige aber reflectirt wird und durch eine seitliche Oeffnung aus dem Tubus heraustritt. In dieser Weise will er das Object gleichzeitig beobachten und mit einer seitlich aufgestellten Camera photographiren. — In Folge der Erfahrung, dass bei der damaligen verhältnissmässig geringen Empfindlichkeit der Platten keine der vielen vorgeschlagenen künstlichen Lichtquellen ganz Befriedigendes leisten konnte, beschränkten sich die Engländer und Amerikaner beinahe ausschliesslich auf die Sonnenstrahlen als Lichtquelle. Ein Zeichen davon ist, dass eine ganze Reihe verschiedener Heliostaten vorgeschlagen wurde, so u. A. 1869 von J. J. WOODWARD [9] und R. L. MADDOX, welche zwar etwas complicirter, aber den meist gebrauchten continentalen in mehreren Hinsichten, so auch dem FOUCAULT-DUBOSQ'schen u. A., überlegen zu sein scheinen. Dagegen ist der von PRAZMOWSKI um so vieles einfacher und billiger, dass er im Allgemeinen doch den Vorzug vor allen anderen verdienen dürfte. — L. DIPPEL [4] beschreibt den Zeichenapparat von ZEISS (p. 290). Derselbe ist nach dem Principe der AMICI'schen Camera lucida für das verticale Mikroskop gebaut, doch wird das durchbohrte Spiegelchen über dem Ocular durch ein spitzwinkeliges Prisma mit gegen das Ocular nach unten gerichtetem brechenden Winkel ersetzt. Das Auge übersicht das Gesichtsfeld an derjenigen Kante dieses

Prismas vorbei, welche von der oberen Fläche und der Seitenfläche, die das Bild des Zeichenfeldes zum zweiten Mal reflectirt, gebildet wird. Die Richtung dieser in die Höhe der Austrittspupille des Mikroskops zu bringenden Kante muss mit dem Durchmesser der Ocularlinse zusammenfallen. DIPPEL giebt dem Instrument vor dem NACHET'schen zweimal reflectirenden Prisma den Vorrang, weil es über die Ausdehnung des ganzen Gesichtsfeldes gleich gut zeichnen und die Spitze des Bleistiftes schärfer sehen lässt. Die Zeichenfläche muss eine Neigung von 18° gegen die Horizontalebene besitzen. In der That erfordert auch dieser Apparat sehr viel Uebung, um überhaupt brauchbar zu sein; bei stärkeren Vergrösserungen versagt er gänzlich, und ich könnte eigentlich nicht sagen, dass er gegenüber dem AMICI'schen Apparat einen Fortschritt bedeuten würde. Ist ja auch ABBE bei seinem Zeichenapparat im Wesentlichen auf die AMICI'sche Construction zurückgegangen. Bei der von ZEISS heute noch geführten Form dieses Instrumentes (s. Preisverzeichnis Nr. 30 von CARL ZEISS aus 1895, p. 83, Figur 51) ist der Strahlengang derart, dass man, um verzerrungsfreie Bilder zu erhalten, eine unter 25° gegen die Horizontale geneigte Zeichenfläche anwenden muss. — FLÖGEL, J. H. L. [1] benützt die bei verschiedener Incidenz der Lichtstrahlen beobachtete Lage des Gitterspectrums, in welches das hindurchgetretene Licht durch Diatomeenpanzer zerlegt wird, zur Bestimmung der Distanz der Streifen einzelner Diatomeenarten. Die Methode ist eigentlich im Wesentlichen nicht neu, sie beruht auf der bekannten Diffractionsformel FRAUNHOFER's, und NOBERT hatte schon 1852 [4] und [4a] aus den Streifendistanzen auf einer eigens dazu eingerichteten Glasplatte und dem gegebenen Incidenzwinkel der Lichtstrahlen auf die Streifenebene die Wellenlänge der Farbe, welche im Mikroskop unter gewissen Bedingungen erscheint, ermittelt. FLÖGEL berechnet nun umgekehrt aus der Wellenlänge einer bestimmten Farbe, aus dem beobachteten Winkel, um welchen der betreffende Theil des Spectrums vom Einfallsloth abgelenkt ist, und aus dem Incidenzwinkel der durch den Panzer hindurchgetretenen Lichtstrahlen die Streifendistanz der untersuchten Diatomee. In Anbetracht der primitiven Vorrichtungen, die er benutzte, stimmen die von ihm erhaltenen Werthe für Pleurosigma angulatum (schräg 0·51 μ, p. 722), Surirella gemma (längs 0·35 μ, quer 0·46 μ, p. 756), Frustulia saxonica (quer 0·29 μ, p. 712), Amphipleura pellucida (quer 0·28 μ, p. 759) etc. verhältnissmässig ziemlich genau mit den gegenwärtig allgemein angenommenen und auch von mir durch Messungen an Photogrammen erhaltenen Werthen überein. (Ueber die Lösung dieser Probe-Objecte durch FLÖGEL s. w. u.)

1870 Aus dem Jahre 1870 können wir hier ausser der Mittheilung von READE [1] nur die Experimente von WOODWARD anführen. READE trennte die thermischen Strahlen des Sonnenlichts von den actinischen dadurch, dass er, nach Vereinigung der Sonnenstrahlen in einen ersten Focus durch eine Sammellinse, eine zweite Linse dahinter in die Brennweite des durch die erste Linse erzielten thermischen Focus stellte, weshalb der erste actinische Focus jenseits des Brennpunktes der zweiten Linse lag, und so die actinischen Strahlen in einen zweiten Focus vereinigt werden konnten, wogegen den thermischen Strahlen wieder eine parallele Richtung gegeben wurde. — WOODWARD hat zuerst wirklich dargethan, dass gewisse künstliche Lichtquellen die Sonnen-

strahlen auch beim Photographiren sogar mit den stärksten Vergrösserungen ersetzen können. Namentlich wurde elektrisches und Magnesiumlicht [10] und Kalklicht [11] („Oxy-calcium or HARE's light") mit sehr gutem Erfolg angewendet. In Betreff seiner actinischen Wirksamkeit und seiner Intensität steht das elektrische Licht obenan und wird besonders für sehr starke Vergrösserungen (über 1000fach) empfohlen. Kalklicht steht dem Magnesiumlicht in beiden Beziehungen nach, ist aber unter allen dreien am ruhigsten und gleichmässigsten; dazu bietet es auch die grösste Ausdehnung der Lichtquelle. Diese Eigenschaften machen es besonders für geringe Vergrösserungen sehr geeignet. Die nothwendigen Apparate, deren Anordnung WOODWARD genau schildert, sind beim Kalklicht am billigsten und am einfachsten zu behandeln; am theuersten sind sie beim elektrischen Licht; in Betreff der Herstellung des Lichtes ist das Magnesiumlicht am theuersten, das Kalklicht am billigsten. Da diese Lichtquellen in den Händen von früheren Mikrophotographen, ausgenommen für ganz schwache Vergrösserungen, keineswegs Befriedigendes leisteten, so bezeichnen WOODWARD's Versuche in dieser Beziehung eine erfreuliche Wendung, obwohl spätere Versuche wieder bewiesen haben, dass das Höchste in der Mikrophotographie doch nur durch die Sonnenstrahlen geleistet werden kann.

1871

Schon 1871 modificirte WOODWARD [13] selbst seine in der obigen Arbeit ausgesprochene Ansicht, dass elektrisches, Magnesium- oder Kalklicht zum Photographiren von histologischen Objecten dem directen Sonnenlicht vorzuziehen wäre, zu Gunsten des letzteren. Das durch directe Sonnenstrahlen erzeugte mikroskopische Bild war infolge von Diffractions- und Interferenzerscheinungen sowohl zum Beobachten, als auch zum Photographiren unbrauchbar. Man pflegte diese Erscheinungen dadurch zu beseitigen, dass man eine matte Glasscheibe in den Weg der Sonnenstrahlen stellte und das so diffus gemachte Licht benutzte. Diesem Lichte ist nun jede der erwähnten künstlichen Lichtquellen überlegen, da bei ihnen, indem sie keine matte Scheibe erfordern, die Exposition viel kürzer ist. Nun lässt aber WOODWARD das vom Heliostatenspiegel reflectirte Bündel von Sonnenstrahlen durch eine achromatische Sammellinse von 2″ Durchmesser und etwa 10″ Brennweite gehen und stellt das Mikroskop so auf, dass der achromatische Condensor desselben etwas hinter den Focus der Linse zu liegen kommt, so dass die im Focus der letzteren vereinigten Strahlen eben anfangen zu divergiren, bevor sie die unterste Linse des Condensors erreichen, durch welchen lediglich die actinischen Strahlen in der Objectebene in einen zweiten Focus gebracht werden. (Gleichzeitig also eine Trennung der thermischen von den actinischen Strahlen nach dem von READE [1] eingeführten Princip.) Das so erhaltene mikroskopische Bild ist frei von jenen zahllosen farbigen Ringen und Flecken, es ist aber noch immer so intensiv beleuchtet, dass man es gar nicht direct beobachten kann. Zur gröberen Einstellung muss das Bild auf einem weissen Schirm, zur feineren, je nachdem auf der matten Scheibe oder auf der Spiegelglasscheibe aufgefangen und im letzteren Fall mit der Stelllupe beobachtet werden. Während man bei der Einschaltung der matten Scheibe in den Weg der Sonnenstrahlen bis über drei Minuten lang exponiren musste, genügte bei der neuen Einrichtung ein Bruchtheil der Secunde, um viel schärfere Photogramme als früher zu bekommen. WOODWARD giebt selbst zu, dass nicht nur

das Belassen des Oculars, sondern sogar die Anwendung seines damaligen Amplifiers die Güte der Photogramme beeinträchtigt; ein Objectiv von $^1/_8$ " Brennweite giebt auf der höchstens 3 bis 4 Fuss vom Objecttisch entfernten empfindlichen Platte 400-600fach, ein Objectiv von $^1/_{16}$ " 1200-1500fach vergrösserte Bilder. Doch ist es noch immer besser, eine etwa erforderliche stärkere Vergrösserung durch den Amplifier, als durch die nachträgliche photographische Vergrösserung der Negative zu erzielen. In Betreff der photographischen Correction der Objective macht WOODWARD auf den von MOITESSIER [1] p. 180 u. f. ausgegangenen, ziemlich verbreiteten Irrthum aufmerksam, dass man, wenn die Lichtstrahlen durch ein Kupfersulfatammoniak- oder ein anderes blaues Lichtfilter gegangen sind, keiner anderen Correction mehr bedürfe. Dadurch ist nämlich nur die chromatische Aberration corrigirt; die sphärische Aberration, welche bei den gewöhnlichen trocknen Objectiven blos für den optisch wirksamsten Theil des Spectrums, blos für gelbe Strahlen corrigirt ist, kann für die photographischen, blauen und violetten Strahlen bestehen bleiben. Die Photographie erfordert also Objective, bei welchen die sphärische Aberration lediglich für die letzteren Strahlen corrigirt ist. Nun sind indessen die stärksten Immersionssysteme namentlich von POWELL und LEALAND glücklicherweise nahezu so corrigirt. Je genauer aber ein Objectiv für die Photographie sphärisch corrigirt ist, ein umso weniger gut definirtes Bild kann es bei Ocularbeobachtung geben. Bekanntlich wurden erst viel später, 1886 (s. w. u.), Objective hergestellt, in welchen die sphärische Aberration für zwei verschiedene Farben des Spectrums corrigirt ist, und das sind die ABBE'schen [14] Apochromat-Objective von ZEISS. Diese gaben zuerst auch in dieser Beziehung nahezu gleich gute Bilder bei Beobachtung sowohl mit weissem, als auch mit monochromatischem (blauem) Lichte. Obwohl das Verfahren WOODWARD's in Betreff der Beleuchtung, da er das Bild der Lichtquelle in die Objectebene projicirt, einen Fortschritt bedeutet, scheinen seine histologischen Photogramme das mikroskopische Bild doch nur unvollkommen wiedergegeben zu haben (s. die Bemerkung des Herausgebers p. 178), was übrigens gar nicht zu verwundern ist, wenn wir bedenken, dass die Mikrophotographie in dieser Beziehung nicht einmal heute Befriedigendes zu leisten vermag. — Die von WOODWARD angegebene Expositionsdauer bezieht sich natürlich auf nasse Collodiumplatten. Die trocknen waren viel zu unempfindlich; andrerseits ist aber das nasse Verfahren viel zu umständlich und es erfordert einen ganzen Mann; mit diesem kann die Photographie nicht nur so nebenbei getrieben werden. Und da bezeichnet die Einführung der Bromgelatin-Platten eine neue Epoche.

Im September 1871 veröffentlichte R. L. MADDOX [8] zuerst seine Entdeckung der sogenannten Bromsilber-Gelatine-Emulsion[1]. Obwohl er aber

---

[1]) Da das British Journal of Photography mir nicht bei der Hand ist, wie ich diese Blätter zum Drucke vorbereite, so citire ich die Publication von MADDOX nach J. M. EDER [1], 3. Theil, p. 3: „Am 8. September 1871 richtete R. L. MADDOX die erste Notiz über die Darstellung von Bromsilber-Gelatine-Emulsion an das British Journal of Photography und händigte gleichzeitig dem Herausgeber dieses Journales, Herrn TAYLOR, einige Negative (Landschaften, Ansichten etc.) ein, welche nach dem neuen Verfahren hergestellt waren".

damit, wie es scheint, von Anfang an viel bessere Resultate erzielte, als mit dem früheren Collodiumverfahren, so verbreitete sich seine Methode doch sehr langsam. In dem bezüglich des Chemischen sonst ziemlich vollständigen Artikel „Photographie" des grossen Dictionnaire de Chimie von Wurtz, in der nach 1873 erschienenen 2. Hälfte des 2. Bandes[1] p. 996-1009 finde ich von den Bromgelatineplatten noch kein Wort. NEUHAUSS [2] sagt p. 175, dass 1878 ein Ersatz für Collodium in der Gelatine gefunden wurde. So viel ist indessen sicher, dass das Verfahren erst nach 1877 eine allgemeinere Verbreitung fand. Erst durch seine Erfindung wurde die Mikrophotographie zum Gemeingut aller Mikrographen. Nicht nur sind Gelatineplatten viel haltbarer, als die Collodiumplatten, weshalb man sie vorräthig halten und in den Handel bringen kann, sondern sie sind auch mindestens 5-, ja sogar bis zu 20mal empfindlicher. Ihre Einführung liess die künstlichen Lichtquellen in ihre vollen Rechte treten, sie erforderte aber auch Vorsichtsmassregeln bei den Aufnahmen, die früher nicht nothwendig gewesen waren. Zu wesentlich neuen mikrophotographischen Methoden führte sie indessen weder bei MADDOX, noch bei den späteren Mikrophotographen. MADDOX [9] theilt sein mikrophotographisches Verfahren seit der Erfindung der Gelatineplatten bei VAN HEURCK [8] p. 244-246 ausführlich mit. — CHARLES CUBITT [1] macht darauf aufmerksam, wie wenig einander die Abbildungen entsprechen, welche zahlreiche Autoren von den verschiedenen Ansichten eines und desselben Thieres geben. Deshalb räth er, verschiedene Ansichten eines Gegenstandes, welchen man mit dem Zeichenapparat nicht, oder wenigstens nicht in allen wünschbaren Lagen zeichnen kann, aus einer gegebenen Ansicht nach den Gesetzen der linearen, parallelen Projection zu construiren. Ein mikroskopisches Bild ist ja überhaupt nichts anderes, als die parallele lineare Projection des Gegenstandes auf das Gesichtsfeld. CUBITT illustrirt das Verfahren mit einigen Beispielen. — Ihm gegenüber macht aber H. DAVIS [1] geltend, dass man durch die so construirten Ansichten keine neuen Einzelheiten des Baues entdecken kann, und der hauptsächliche Zweck der Beobachtung des Gegenstandes in verschiedenen Lagen die Entdeckung von Einzelheiten ist, die nur in einer gewissen Lage gut zu sehen sind. Darin hat aber, nach meiner Ansicht, CUBITT vollkommen recht, dass die verschiedenen Abbildungen eines Individuums mit einander nach den Gesetzen der parallelen Projection zu vereinigen sein müssen, sonst kann man sie nicht kritisch verwerthen. — Nach J. G. TATEM [1] soll ein im Ocular angebrachtes bildumkehrendes Prisma („the french erecting prism") wie eine Camera lucida wirken, indem es das Zeichnen nach dem Princip des Doppelsehens sehr erleichtere.

1872 1872 beschreibt ISAAC ROBERTS [1] ein kleines Instrument zum Nachziehen der Konturen des mikroskopischen Bildes, welches er Micro-pantograph nennt. Aus 6 dünnen und schmalen Metallstreifen (heute könnte man vielleicht Aluminium oder besser Celluloïd benutzen) ist ein Doppelparallelogramm durch Stifte in den Eckpunkten beweglich zusammengesetzt. Zwei Streifen sind etwa $1^1/_2$ cm lang und auch bedeutend schmäler, als die

[1]) Die erste Hälfte wurde 1873 abgeschlossen, die zweite 1876. Der fragliche Artikel erschien im 1. Fascikel des zweiten Theiles.

anderen, zwei Streifen etwa 15 cm, und zwei $16^1/_2$ lang. Die zwei längsten Streifen sind an einem Ende verjüngt, so schmal wie die zwei kürzesten, kreuzen sich $1^1/_2$ cm weit von diesem Ende und sind hier durch einen Stift auf einer etwa 4 cm langen und 2 cm breiten Metallplatte befestigt. Um diesen Stift als Axe kann sich das Doppelparallelogramm in der Ebene der Platte drehen. Die zwei kürzeren Schenkel des durch die zwei längsten Streifen gebildeten Kreuzes bilden mit den zwei kürzesten Streifen das kleinere, und die zwei längeren Schenkel mit den zwei mittleren Streifen das grössere Parallelogramm. Die zwei Parallelogramme bleiben also bei jeder möglichen Aenderung ihrer Winkel einander ähnlich. Das kleinere Parallelogramm wird mit der erwähnten Platte durch einen seitlichen Schlitz am Tubus und Ocular in den Focus des letzteren eingesteckt und befestigt. Der eingesteckte Theil der Platte trägt ein rundes Fenster von etwas geringerem Durchmesser als das Lumen des Oculars. Am Oculareck des kleinen Parallelogramms ist in das Gelenk der Seiten desselben eine kleine Glasscheibe mit eingeritztem Mikrometerkreuz eingelassen. Am entgegengesetzten Eck des grossen Parallelogramms sind dessen Seiten durch den Bleistifthalter verniethet. Die Zeichenfläche muss sich auf einem geeigneten Pult in der Höhe des Ocularfocus befinden und vertical auf der Mikroskopachse stehen. Indem man nun den Zeichenstift auf dem Papier hin- und herführt, bewegt man auch das Mikrometerkreuz im entgegengesetzten Ende des kleinen Parallelogramms im Gesichtsfelde, aber in umgekehrter Richtung. Während man so mit dem Centrum des Mikrometerkreuzes die Linien des mikroskopischen Bildes verfolgt, zeichnet der schwach angedrückte Bleistift diese Linien auf das Papier. Da nun dabei der Bleistift einen so viel Mal grösseren Weg zurücklegt, wie die Seiten des grossen Parallelogramms grösser als die des kleinen sind, so wird das Objectivbild durch die Zeichnung entsprechend vergrössert, also bei den angegebenen Massen ($1^1/_2 : 15$) zehnfach. Wie man sieht, könnte man dieses Instrument auch zur Mikrometrie verwenden. Das Product der Objectivvergrösserung und des Verhältnisses der Seiten des grossen und des kleinen Parallelogramms giebt die Gesammtvergrösserung der Zeichnung, man braucht also nur die gezeichnete Dimension mit dieser Vergrösserungszahl zu dividiren, um die wirkliche Dimension des Objectes zu erhalten. Als Zeichenapparat hat dieses Instrument den grossen Nachtheil, dass es das mikroskopische Bild umgekehrt wiedergiebt. Beim Zeichnen könnte man aber ein bildumkehrendes Prisma im Mikroskop anbringen, und dann könnte man das ohne Prisma beobachtete mikroskopische Bild direct mit der Zeichnung vergleichen. Ich selbst habe das Instrument nie versucht, und meines Wissens ist es auch überhaupt nicht in Gebrauch gekommen. ROBERTS sagt zwar (p. 2), dass er es nicht entscheiden kann, was schwieriger ist: mit den bisherigen Vorrichtungen oder ohne ihre Hilfe zu zeichnen? Indessen muss man wohl auch die Einrichtung von ROBERTS in ihrer Anwendung etwas schwierig gefunden haben. Doch meine ich, dass sich eine ähnliche Einrichtung wegen ihrer Billigkeit unter Umständen sogar neben dem ABBE'schen Zeichenapparat behaupten könnte. Jedenfalls würden sich erneute Versuche damit lohnen. — GEORGE FINDLEY [1] möchte die Vergrösserung der Mikrometeroculare auf eine zehnfache normirt sehen und

benutzt ein solches Ocular — er nennt es Eidometer — zur Bestimmung der Eigenvergrösserung der Objective an einem Objectglasmikrometer. Er macht den gewiss rationellen Vorschlag, sowohl die Objective, als auch die Oculare nach ihrer Eigenvergrösserung zu benennen; ein Vorschlag, welcher bis jetzt nur bei den ZEISS'schen Compensationsocularen realisirt wurde[1]. — G. W. ROYSTON PIGOTT [1] theilt als neue Erfindung die alte Methode von GORING [2] und HARTING [1] (s. p. 331 d. vorl. Werkes) mit, das verkleinerte Bild eines Massstabes von unten in die Objectebene zu projiciren und anstatt des Objectmikrometers zu benutzen, dessen Eintheilungen bei sehr starken Vergrösserungen zu weit von einander abstehen. Ein Ocularglasmikrometer stört die Beobachtung einer schwer zu lösenden Structur, und auch die unvermeidliche Erschütterung beim Drehen der Schraube des Ocular-Schraubenmikrometers macht die Messung solcher Structuren unmöglich. Inwiefern dies wirklich der Fall ist und wann die GORING-HARTING'sche Methode eventuell Vortheile haben kann, theilten wir weiter oben p. 332 u. 352 bereits mit. — Derselbe Autor [2] giebt Rathschläge, wie man die Mikrometerschraube des Mikroskops beim Bestimmen der Deckglasdicke am Präparate zu gebrauchen hat, sagt aber nichts Neues. — LOUIS CHARLES MALASSEZ [3] und [4]: erste Beschreibung seiner Methode zum Zählen der rothen Blutkörperchen. Die erste, von K. VIERORDT [1] 1852 eingeführte Methode der Blutkörperchenzählung wurde, wie erwähnt, von H. WELCKER wiederholt modificirt, und das 1863 beschriebene Verfahren des letzteren [8] war seitdem trotz seiner Umständlichkeit allgemein in Gebrauch. Es besteht darin, dass man eine bekannte kleine Menge (0·0005-0·0008 mm^3) stark verdünnten Blutes auf einem Objectträger ausbreitet, eintrocknet, mit einem quadratisch getheilten Deckglasmikrometer bedeckt und die in die einzelnen Quadrate fallenden Blutkörperchen nacheinander zählt. WELCKER verdünnte mit einem 1000fachen Volumen einer 0·6procentigen Kochsalzlösung. Zum Abmessen diente ein capillares Glasröhrchen von bekanntem Caliber, in welchem man die Länge des aufgesogenen Flüssigkeitfadens mit dem Mikrometer mass. Je eine Bestimmung erforderte das Zählen von 2-3000 Körperchen und eine Stunde Arbeit. 1867 verfertigte POTAIN eine Mischpipette (mélangeur), welche nur einen kleinen Tropfen Blut aus einer kleinen Stichwunde zur Verfertigung der Mischung erfordert (Beschreibung und Abbildung dieses mélangeurs bei MALASSEZ [6] 1874, p. 33-34, Figur 1). Nun besteht die hier anzuführende älteste Methode von MALASSEZ darin, dass man die Blutkörperchen der mit dem „mélangeur POTAIN" gemachten Mischung gleich in einem

---

[1]) In dem VII. und VIII. Bande (1872) des Monthly Microscopical Journal befindet sich eine lange Discussion zwischen mehreren Mikrographen darüber, in welcher Entfernung vom Object oder bei welcher Tubuslänge man das Objectivbild beim Bestimmen der Eigenvergrösserung des Objectivs messen soll. Denn nur, wenn man darüber einig werden kann, ist die Benennung der Objective nach ihrer Eigenvergrösserung wirklich rationell und einheitlich. In Betreff der Entfernung wurde man darüber bald einig, die Weite des deutlichen Sehens (10 Zoll, rund 250 mm) zu nehmen, aber die Frage blieb offen, von wo man diese 10 Zoll messen soll.

graduirten, abgeplatteten, capillaren Glasröhrchen („capillaire artificiel") zählt und die Zählung durch ein quadratisch getheiltes Ocularmikrometer erleichtert.

1873 Das Jahr 1873 bereitet wieder in der Photographie, in der Herstellung der empfindlichen Platte, einen grossen Fortschritt vor. 1873 machte H. W. VOGEL [1] die Entdeckung, dass die Beimischung gewisser Farbstoffe zum Bromsilber die Bromsilberplatten auch für die sonst nicht actinischen Strahlen empfindlich macht, und zwar in erster Linie für diejenigen Strahlen, welche von dem betreffenden Farbstoff verschluckt werden. Diese Entdeckung führte allmählich zur Herstellung der sogenannten iso- oder orthochromatischen Platten, welche einerseits das Blau oder Violett, andrerseits das Gelb und Roth mit dem richtigen Helligkeitswerth im Bilde wiedergeben. Es leuchtet ein, wie wichtig diese Sensibilisirung der Platten auch bei mikrophotographischen Aufnahmen von gefärbten Gegenständen, namentlich von tingirten Präparaten ist. Infolge der ausserordentlichen Empfindlichkeit der früheren Platten für die dem Violett im Spectrum nahe liegenden Farben war z. B. die Aufnahme von blau oder violett gefärbten Elementen des mikroskopischen Bildes unmöglich, da diese eine beinahe ebenso grosse Schwärzung im Negativ, wie der ungefärbte Untergrund verursachten, sich also im Positiv kaum vom Untergrund abhoben. Ist dagegen die Platte auch für gelbe Strahlen empfindlich gemacht, so verursacht der ungefärbte Untergrund eine überwiegende Schwärzung des Negativs, im Positiv also einen viel helleren Untergrund, auf welchem auch die blauen Elemente des mikroskopischen Bildes gut hervortreten. — Zu einer Zeit, wo Specialisten der Mikrophotographie (an deren Spitze damals wohl WOODWARD gestanden hat) die nach ihrer Meinung unerlässlichen Einrichtungen immer zahlreicher und complicirter machten, wird man einer Schrift, wie die von A. SANDERS [1], welche zeigen will, dass man gewöhnlich mit den einfachsten Hilfsmitteln auskommen kann, auch dann nicht jedes Verdienst absprechen dürfen, wenn sie nichts wesentlich Neues bringt. Andrerseits dürfte die Aussage von SANDERS (p. 252), dass man nur bei directem Sonnenlicht ganz befriedigende Resultate erzielt, die Anhänger der Mikrophotographie kaum vermehrt haben. Dazu kam noch, dass die Vortheile der Photographie gegenüber der Zeichnung in der mikroskopischen Praxis immer wieder in Abrede gestellt wurden. Eine solche Discussion erwähnt z. B. das Monthly Microscopical Journal (zwischen WOODWARD und Ch. STODDER) unter dem Titel „Shall Microscopic Specimens be Photographed, or Drawn by Hand?" — G. W. ROYSTON-PIGOTT [3] kommt noch einmal auf seine vermeintliche Erfindung in der Mikrometrie zurück. Er schlägt vor, eine Mikrometertheilung auf Glas, z. B. einen Zoll in Hundert, zu einem Bestandtheil des Beleuchtungsapparates zu machen, so dass das z. B. 6mal verkleinerte Bild der Scala durch ein Objectiv unter dem Mikroskoptische je nach Bedarf in die Objectebene projicirt oder durch Hinunterschrauben des projicirenden Objectivs entfernt werden kann. So könnte man Messungen vornehmen, ohne die bereits begonnene Beobachtung von schwierigen Structuren zu unterbrechen. Andererseits lässt er, statt das gewöhnliche Ocularglasmikrometer zu benutzen, eine Theilung (den Zoll in Hundert) auf eine schwach vergrössernde plan-convexe Linse schreiben und diese Linse im Focus des

Oculars anbringen. Solche Ocularglasmikrometer sollen die Beobachtung weniger stören. — In seiner denkwürdigen Arbeit, „Beiträge zur Theorie des Mikroskops“, erwähnt ABBE [2] auch eine mit der von FLÖGEL [1] 1869 (s. p. 358 d. v. W.) eingeführten verwandtemikrometrische Methode, welche zwar wenig praktischen Werth, aber ein grosses theoretisches Interesse besitzt. Wie die von FLÖGEL, kann sie zur Bestimmung der Streifendistanz von Diatomeen und anderen Objecten mit ähnlich regelmässiger Structur dienen. Sie beruht darauf, dass man „aus dem gemessenen linearen Abstand der Beugungsspectra (s. weiter unten) im Oeffnungsbild, unabhängig von der Richtung des Lichteinfalls, die Streifendistanz“ berechnen kann, „wenn man die Brennweite des Objectivs kennt. Es genügt dazu ein Ocularmikrometer in dem Mikroskop, mit welchem man das Oeffnungsbild beobachtet“ (p. 444, Anmerk. 2). Dieses Mikroskop ist ein passend eingerichtetes Hülfsmikroskop, welches man an Stelle des gewöhnlichen Oculars in den Tubus des Mikroskops, mit dem man die Structur eingestellt hat, steckt. ABBE ist später in einem besonderen Aufsatz ([3] 1878) auf diese Methode zurückgekommen.

1874 MALASSEZ [6] modificirt 1874 seine Methode der Blutkörperchenzählung (Abbildung der abgeplatteten Capillarröhre p. 35, Figur 2). Zum Verdünnen des Blutes wird eine Lösung von Gummi arabicum, Natriumsulfat und Kochsalz benutzt, deren specifisches Gewicht 1·020 beträgt (s. auch im Capitel über Einschluss). — MALASSEZ [5]: ein mikrometrisches Verfahren, das jedoch nichts wesentlich Neues bringt, nämlich Graduirung des Auszugrohres des Mikroskopes, damit man weiss, bei welcher Länge des Tubus die Theile des Ocularmikrometers für die einzelnen Objectivsysteme ganzen Mikren (oder Zehnteln des Mikrons etc.) entsprechen.

1875 GILBERTO GOVI [1] macht 1875 den Vorschlag, die reflectirende Fläche eines Prismas mit einer sehr dünnen, durchsichtigen Schicht Gold zu belegen und dann ein ähnliches Prisma mit der entsprechenden Fläche umgekehrt darauf zu kleben. Dieses Doppelprisma ist als Camera lucida über oder vor dem Ocular anzubringen, je nachdem das Mikroskop vertical steht oder horizontal umgelegt ist. Im ersteren Fall zeichnet man auf einer verticalen Fläche und sieht das mikroskopische Bild durch die vergoldete Fläche direct, während die von dem Zeichenfelde kommenden Strahlen durch die vergoldete Fläche in das Auge reflectirt werden. Bei horizontal umgelegtem Mikroskop wird umgekehrt das Zeichenfeld direct gesehen und das mikroskopische Bild reflectirt, vorausgesetzt, dass man in beiden Fällen vertical nach unten sieht. Die vergoldete Fläche lässt nämlich einen Theil der Lichtstrahlen durchgehen, während sie den anderen Theil reflectirt. Nahe verwandt mit dem GOVI'schen Prisma ist, wie wir sehen werden, der ABBE'sche Würfel, der wesentlichste Bestandtheil des ABBE'schen Zeichenapparates, welcher wieder im Ganzen eine Modification der AMICI'schen Zeichenvorrichtung von 1819 oder der MILNE EDWARDS-DOYÈRE'schen von 1836 ist. Gegenüber der WOLLASTON'schen Camera lucida, dem SÖMMERING-schen Spiegelchen etc. hat das GOVI'sche Prisma den Vortheil, dass damit die genaue Superposition des mikroskopischen Bildes und des Bildes der Zeichenfläche von selbst erfolgt und gar keine Mühe kostet. In diesem Sinne modificirte von nun an auch NACHET sein Zeichenprisma. Statt auf die dem Ocular zugekehrte schräge Fläche des grossen Prismas das kleine

Pupillenprisma aufzukleben, vergoldete er diese Fläche und klebte ein grösseres rechtwinkeliges Prisma mit der Hypotenusenfläche darauf. Dadurch wurde erstens der Goldbelag geschützt und zweitens eine mit der oberen Fläche des grossen Prismas parallele, auf die optische Axe des Mikroskops verticale grosse untere Fläche geschaffen, so dass sämmtliche vom Object kommenden Strahlen unveränderten Weges in das Auge gelangen können. — D. EDWARDES [1] glaubt, dass das Meter für immer eine locale französische Masseinheit bleiben wird, weil es den 10 000 000sten Theil eines durch Frankreich gehenden Meridian-Quadranten bedeutet. Engländer können es nicht annehmen, weil „Englishmen will not become Frenchmen", und deshalb modificirt er den bereits früher von Anderen gemachten Vorschlag, als Einheit die Wellenlänge des gelben Natriumlichtes zu nehmen, dahin, dass man diejenigen orangefarbigen Strahlen nehme, von welchen 1 500 000 Wellenlängen 36 englische Zoll, also 1 000 000 Wellenlängen 24 Zoll ausmachen. Ungeachtet der chauvinistischen Motivirung des Vorschlages müssen wir es zugeben, dass in der That die rationellste Masseinheit des Mikrographen die Wellenlänge bestimmter Lichtstrahlen wäre. Einstweilen nehmen aber sogar die Engländer immer mehr das Mikromillimeter anstatt des Zolles an. — NACHET, ALFRED und HAYEM, GEORGES, [1]: ein Apparat für Blutkörperchenzählung. Eine Glaszelle mit plan geschliffenem Boden und von genau bekannter Tiefe wird mit dem in bestimmter Weise verdünnten Blut gefüllt, und die zu Boden gesunkenen Blutkörperchen werden mit Hülfe eines quadratisch getheilten Ocularmikrometers gezählt.

1876 A. WILLIAM ROGERS [1] sucht 1876 die Methode NOBERT's zu ergründen, nach welcher er seine unübertroffenen Testplatten verfertigte. — W. WEBB [1] zeigt gegen ROGERS, dass dessen Vermuthungen in mehreren Punkten falsch sind. — WOODWARD [14] erörtert die Vortheile der Photogramme vor der directen Beobachtung der Präparate für mikrometrische Zwecke. Speciell beim Blut besteht sein Verfahren darin, dass er einen Tropfen direct auf einem Objectglasmikrometer, wie auf einem gewöhnlichen Objectträger in möglichst dünner Schicht ausbreitet und so die Mikrometertheilung sammt Blutkörperchen auf einmal photographirt. — J. GAYER [1]: Beobachtung des auf den Einstellschirm (albuminirtes Papier) projicirten Bildes mit einem kleinem Telescop, damit man die Mikrometerschraube direct, ohne besondere Vorrichtung, handhaben kann, ein Vorschlag, welcher bereits wiederholt auch von Anderen gemacht wurde. — Dem Schriftchen von G. M. GILES [2] entnehme ich, dass die Bromgelatine-Platten für mikrophotographische Zwecke die nassen Collodiumplatten auch in England noch nicht verdrängen konnten. Bei Bromgelatine-Platten genügte ihm sogar eine Paraffin-Lampe, um gute Mikrophotogramme zu erhalten. — H. G. HOLLE [1]: ein Zeichenapparat, welchen später J. CUNNINGHAM RUSSELL [1] (s. w. u.) in einer etwas verbesserten Form neu erfunden hat.

1877 1877 theilte R. KOCH [1] ausser seinem Verfahren zur Untersuchung und zum Conserviren der Bacterien auch sein Verfahren zum Photographiren derselben mit. Diese Mittheilung ist für uns hier hauptsächlich deshalb von grossem Interesse, weil R. KOCH, wenn auch nicht der erste, so doch gewiss der bedeutendste unter den Praktikern der Mikrophotographie gewesen ist, welche letztere auf ihr heute noch dankbarstes Gebiet geleitet haben.

Bei bacteriologischen Präparaten, wie sie unter Anderen KOCH hergestellt hat, kommen die Vortheile der Mikrophotographie als Darstellungs- und Forschungsmethode bis jetzt noch am meisten zur Geltung, und auch ihre Mängel sind hier am wenigsten lästig. Die Bacterienphotogramme KOCH's haben seiner Zeit mit Recht grosses Aufsehen erregt, und schon deshalb würde sein Verfahren zum mindesten eine historische Bedeutung haben. Irgend etwas wesentlich Neues brachte es weder in Betreff der Apparate, noch in Betreff der Beleuchtung, der Aufnahme und der sonstigen Manipulationen; aber es brachte manche willkommene Kunstgriffe und lenkte die Aufmerksamkeit der deutschen Photographen auf mehrere früher unbeachtete Punkte von grosser Wichtigkeit, so z. B. bezüglich der Beleuchtung. Da er ausschliesslich das nasse Collodiumverfahren benutzte, so war er auf das directe Sonnenlicht angewiesen. Das Bromgelatine-Verfahren scheint er überhaupt noch nicht gekannt zu haben, wie aus folgender Stelle (p. 412) hervorgehen dürfte: „Bemerken will ich noch, dass für mikrophotographische Zwecke, sobald es sich um starke Vergrösserungen handelt, nur das Verfahren mit nassen Collodiumplatten und zwar mit einem möglichst empfindlichen Collodium verwendbar ist. Trockenplatten eignen sich wegen ihrer geringen Empfindlichkeit höchstens für schwache Vergrösserungen". Er bediente sich eines Heliostaten und projicirte das Sonnenbildchen, nach Einschaltung sehr dunkler Kobaltgläser, vermittelst eines Objectivsystems (2 oder 4 von HARTNACK) „genau auf die Mitte des Objectes und auf die Ebene derselben" (p. 410); sobald dann durch Einschalten von einem oder mehreren matten Gläsern in den Weg der Sonnenstrahlen an Stelle des Kobaltglases das Licht zerstreut wurde, trat der beste Beleuchtungseffect ein. Der Apparat war der von G. FRITSCH [1] 1869 (s. w. o.) mit der Modification, dass zwischen Camera und Mikroskop am Objectivbrett der ersteren ein mit demselben lichtdicht verbundener aber leicht und ohne Erschütterung entfernbarer trichterförmiger Ansatz angebracht wurde. Nach Entfernung von diesem entstand genug Raum zwischen Camera und Mikroskop, dass man das Ocular einsetzen und das Object direct beobachten, verschieben etc. konnte. Die Aufnahmen wurden stets in der definitiven, meist 500- bis 700fachen Grösse, welche vorläufig hinzureichen schien, gemacht, und zwar ohne Ocular, hauptsächlich mit dem SEIBERT'schen photographischen Immersionsobjectiv No. 7. Lebende Bacterien liessen sich nur unter besonders günstigen Verhältnissen photographiren; auch dann fielen die Photogramme sogar der grossen Milzbrandbacillen äusserst blass aus. In der Regel photographirte KOCH auf dem Deckglas eingetrocknete Bacterien. Die schärfsten Bilder gaben sie, wenn sie in Luft, noch brauchbare, wenn sie in Kali aceticum oder in Glycerin eingeschlossen waren. Balsampräparate konnten nicht photographirt werden. Von Färbungen erwies sich meist nur eine solche mit „braunem Anilin" vortheilhaft, welches die chemisch wirksamen Strahlen zurückhält. KOCH sprach die Hoffnung aus, dass weitere Versuche mit gelben und braunen Farbstoffen statt der üblichen blauen und rothen auch die Photographie von Bacterien-Präparaten in Balsam ermöglichen werden. Nun wissen wir bereits, dass der Weg zur Sensibilisirung der photographischen Platte auch für nicht actinische Strahlen schon damals angebahnt war. KOCH selbst vermuthete nur diese Möglichkeit, indem er (p. 413) sagte:

„Vielleicht könnte man auch ein besonderes, für die im Bacterien-Präparat befindliche Anilinfarbe wenig empfindliches Collodium (gefärbtes Bromcollodium) anwenden, um noch stärkere Bilder zu bekommen“. In der That knüpfen sich die wichtigsten Fortschritte der Mikrophotographie von nun an, abgesehen von den apochromatischen Objectiven und den Projectionsocularen, an die gleich zu erwähnende Einführung der verschiedenen iso- und orthochromatischen Bromgelatineplatten. Sonst hätten wir auf diesem Gebiete nicht mehr viel Wesentliches zu verzeichnen. — Während die Mikrophotographie in den Händen von R. Koch zu einer Forschungsmethode wurde, welche in den Photogrammen neue Thatsachen zur Darstellung bringt, erweist sie sich in den Händen der meisten anderen Mikrographen noch immer mehr als eine Liebhaberei. Einen Beweis dafür sehe ich in der Beschreibung von einer Reihe von Mikrophotogrammen, welche, mit Objectiven von R. B. Tolles aufgenommen, Ch. Stodder an J. Pelletan geschickt hatte, der ihnen [2] das höchste Lob spendet: es sind lauter Aufnahmen von Diatomeen und Blutkörperchen verschiedener Thiere und sagen nichts Neues. — Aus der ersten Auflage des Stein'schen [8] Handbuches („Das Licht etc.“) erwähnen wir hier den einfachen kleinen mikrophotographischen Apparat, welcher dem Harting'schen nachgebildet ist, aber als conisches Ansatzstück direct an Stelle des Oculars auf das Tubus-Ende gesteckt wird. Er genügt für die Aufnahme von günstigen Objecten bei schwacher Vergrösserung. — Ebenfalls Pelletan [1] beschreibt zuerst den Heliostaten von Hartnack und Prazmowski. Wie schon erwähnt, ist dieser der einfachste und billigste von allen, und doch genügt er für sämmtliche Zwecke des Mikrographen, namentlich auch für mikrophotographische. — W. R. Gowers [1] modificirt den Nachet-Hayem'schen Apparat für Blutkörperchenzählung, indem er sich statt eines quadratisch getheilten Ocularmikrometers eines solchen Objectmikrometers bedient, welches in den Boden der Hayem'schen Zelle von 0·2 mm Tiefe eingeritzt ist, mit Quadraten von 0·1 mm Seite, so dass die Flüssigkeitssäule über jedem Quadrat ein Volumen von 0·002 mm^3 besitzt. Da nun Gowers das Blut 200fach verdünnt, so genügt es, hinter die Zahl der Blutkörperchen innerhalb eines Quadrates 5 Nullen zu setzen, um die Zahl für 1 mm^3 des Blutes zu erhalten.

1878 Die Frage der mikrometrischen Einheit wurde 1878 von dem amerikanischen mikroskopischen Congress in Indianapolis (s. Journ. R. Micr. Soc. vol. I, p. 254) wieder aufgeworfen, und auf Vorschlag von Hitchcock der hundertste Theil eines Millimeters ($^1/_{100}$ mm) als Einheit angenommen, offenbar aus Unkenntniss des von Harting bereits vor einem halben Jahrhundert eingeführten und auf dem Continent von Vielen gebrauchten Mikromillimeters. Die New-York Microscopical Society hat sich der Bewegung, die neue Masseinheit zu verbreiten, angeschlossen; dagegen will der Herausgeber des American Journal of Micrography nichts davon wissen und bezeichnet sie als einen Rückschritt (s. Journ. R. Micr. Soc. vol. I, p. 353): er vertritt die uns gewiss sonderbar erscheinende Meinung der Mehrzahl der englischen Mikrographen, dass es sogar rationeller sei, die mikrometrischen Masse in Bruchtheilen des Zolles auszudrücken. Die Royal Microscopical Society scheint der Bewegung diesmal wenigstens nicht in den Weg getreten zu sein (s. das Protocoll der Sitzung

vom 9. Oct. 1878, im Journ. R. Micr. Soc. vol. I, p. 310). — G. J. BURCH [1] will ein neues Mikrometer erfunden haben, derweilen er nur die alte Methode anwendet, bei welcher ein neben dem Mikroskop befindlicher Massstab durch eine Camera lucida gleichzeitig mit dem mikroskopischen Bild gesehen wird. Als Camera lucida dient ihm die unter 45° über dem Ocular aufgestellte, kleine, mit Neutraltinte gefärbte Glasplatte oder ein Spiegelchen, von dessen Mitte das Amalgam an einer kleinen kreisförmigen Stelle entfernt ist; den verschiebbaren Massstab bringt er auf einem 10″ langen horizontalen Arm der Kappe, in welcher die Glasplatte montirt ist, an. — W. H. DALLINGER [1] bediente sich zum Messen der Dicke der Geissel von Bacterium termo der bereits wiederholt erwähnten indirecten Methode, welche vielleicht er zuerst anwendete: er zeichnete mit der Camera lucida Körper und Geissel des Bacteriums möglichst genau nach und mass dann bei einer 5- bis 10fachen Vergrösserung die Dicke des Striches, welcher die Geissel genau deckte. Sie betrug etwa 127 Millimikren (0·127 μ oder $^1/_{200\,000}$″). — GILBERTO GOVI [2]: ein besonders für meteorologische Zwecke bestimmtes Mikrometer, bei welchem sein vor mehreren Jahren gemachter Vorschlag realisirt ist. Dieser besteht darin, dass man die Spinnewebfäden oder die in Glas geritzten Linien durch Linien ersetzt, welche man in eine auf Glas präcipitirte, unmessbar dünne Schicht von Gold oder Silber zieht (so wie heute die Diffractionsplatten und Testplatten von ABBE gemacht sind). Die beiden Ränder des durchsichtigen Streifens im undurchsichtigen Metallbelag können so scharf und gerade gemacht werden, wie nur erwünscht, und bilden ein Linienpaar, welches gar keinen Veränderungen ausgesetzt, äusserst haltbar ist und in Folge seiner unmessbaren Dicke keine Störungen im Strahlengange verursacht. — ABBE [3] und [3 a]: Allgemeines über die Theorie der mikrometrischen Messungen. Was speciell das Mikroskop betrifft, so schlägt ABBE ([3 a] p. 445 bis 446) für mikrometrische Zwecke teleskopische Objectivsysteme vor, mit welchen die bisherigen Fehlerquellen der Mikrometrie beseitigt wären. Solche Systeme dürften indessen für unsere Zwecke überflüssig sein. — L. CH. MALASSEZ [7], [8] und GOVI [3]: Ueber die Messung der mikroskopischen Vergrösserung. Letzterer beruft sich auf das bereits 1861 und 1863 [4] beschriebene Instrument zu diesem Zwecke, welches er Megameter nannte. Beide machen besonders auf die bekannte, aber heute noch oft unbeachtete Thatsache aufmerksam, dass eine bestimmte Vergrösserung mit einer gewissen Ocular- und Objectivcombination nur bei einer bestimmten Entfernung des virtuellen Bildes (oder der Ebene, auf welche wir es mit einer Camera lucida dergl. projiciren) vom Augenpunkt des Oculars stattfindet. Bereits seit langer Zeit war die Methode, wie wir wissen, in Gebrauch, das Objectmikrometer mit der Camera lucida auf einen Massstab in bestimmter Entfernung vom Ocular zu projiciren, aber mit jeder beliebigen Camera wird das Bild immer verzerrt, wenn die von verschiedenen Punkten der Zeichenfläche kommenden Lichtstrahlen bis zu dem Augenpunkt einen verschieden langen Weg zurückzulegen haben, und daher erfordern verschiedene Zeichenapparate eine verschiedene Neigung der Zeichenebene zur Objectebene. (Aus dieser Thatsache ist auch die Wirkung der verschiedenen Stellung des grossen Spiegels des ABBE'schen Zeichenapparates zu erklären, auf welche wir noch zurückkommen werden.) — MALASSEZ [8] (p. 82, in

einer Fussnote) giebt auch den praktischen Wink, die Zeichenapparate so einzurichten, dass ihre Verbindung mit dem Ring, mit welchem sie auf der Mikroskopröhre befestigt werden, vor die letztere und nicht neben sie zu liegen komme. Ferner sollte der Zeichenapparat, um eine horizontale Axe bewegbar, wie ein Schachteldeckel auf das Ocular zu legen und umzuklappen sein; bewegt er sich um eine verticale Axe, wie es zu sein pflegt, so ist er schwer genau in dieselbe Lage zurückzubringen, nachdem man ihn, um direct zu beobachten, bei Seite geschoben hat. Verwirklicht wurde diese Idee, wie wir sehen werden, in sehr glücklicher Weise bei der vorletzten von ZEISS gelieferten Form des ABBE'schen Zeichenapparates (No. 38 des Katalogs No. 30 aus 1895) nach dem Vorschlage von H. W. HEINSIUS [1] 1889; dass sie in der allerletzten Form (No. 44 a) wieder verlassen wurde, möchte ich entschieden als einen Rückschritt betrachten. — ED. KAISER [1] beschreibt eine Anwendung des von P. SCHÖNEMANN [1] 1872 erfundenen Messkeils zur Messung der Deckglasdicken. — ABBE [4] berechnet die wahrscheinliche Genauigkeit, welche man mit dem von THOMA für Blutkörperchenzählung vorgeschlagenen Apparat erreichen kann. Derselbe besteht aus einem Mischer nach POTAIN (s. MALASSEZ [6] 1874) und einer HAYEM'schen, richtiger GOWERS'schen Zelle von 0·1 mm Tiefe, deren Boden durch eine in dünnes Glas eingeritzte, mit den Strichen nach unten aufgeklebte quadratische Theilung von 50 μ Seite in ein Object-Netzmikrometer verwandelt ist. Ueber jedem Quadrat befindet sich also eine Flüssigkeitssäule von 0·00025 ($^1/_{4000}$) mm³. — W. A. ROGERS [8] modificirt das Objectschraubenmikrometer besonders zum Vergleichen von Mikrometertheilungen in der Weise, dass der todte Gang der Schraube vermieden wird. Die Präcisionsschraube ist beim Messen nur in einer Richtung zu bewegen. Das Object wird nach Zurückschrauben der Präcisionsschraube auf den Nullpunkt durch eine Feder, deren Wirkungsrichtung in die Axe der Schraube fällt, zurückgeführt, und eine andere Schraube bewegt das ganze Schraubenbett mit dem Object hin und her, und so wird eine andere Stelle der zu untersuchenden Mikrometertheilung eingestellt. Der Vergleich ist unabhängig von den Fehlern der Präcisionsschraube, da zum Vergleich der verschiedenen Strecken der Mikrometertheilung dieselbe Schraubenstrecke von 0 an benutzt wird. (Aehnliches schon bei MOHL [8]; s. übrigens auch weiter unten.) — Derselbe Autor [2] beschäftigte sich auch mit der alten Spielerei der Bestimmung der Genauigkeitsgrenzen der mikroskopischen Messungen. Er fand, wie schon viele vor ihm, dass die Genauigkeit der Messung von etwa 50 μ ($^1/_{500}$") breiten Zwischenräumen bis 0·084 μ ($^1/_{300\,000}$") gehen kann. Ein rein akademisches Resultat, da diese Genauigkeit für die Praxis bei Gegenständen, die mit den benutzten Instrumenten (Ocularglasmikrometer, Ocularschraubenmikrometer und Objectschraubenmikrometer) überhaupt zu messen sind, gar keine Bedeutung hat. — Nach DEVRON [1] erhöhen die von TOLLES verfertigten Amplifier auch die resolvirende Kraft der Objective in der Mikrophotographie ganz bedeutend, nicht nur die Vergrösserung. (In der Wirklichkeit können sie höchstens die bei Ocularbeobachtung vorhandene Definirung auch für das von der empfindlichen Platte aufgefangene Bild bewahren, s. w. u.) — CH. FAYEL [1] baut sich, wie es scheint, unbekümmert um die sphärische Abberration und die sonstigen Fehler der Definirung des Bildes, ein photographisches Mikroskop

mit conischem Tubus, damit das Gesichtsfeld grösser sei. Er belässt das Ocular und glaubt zuerst entdeckt zu haben, dass das Ocular beim Photographiren nicht entfernt werden muss, wo es doch unter deutschen Mikrophotographen von jeher (seit dem Apotheker MEYER 1844) und auch unter den englischen seit langer Zeit gang und gebe war, zur Steigerung der Grösse des Objectivbildes auch beim Photographiren das Ocular zu benutzen. In Wirklichkeit wird ja in diesen Fällen auch trotz des Oculars das reelle Objectivbild auf der Platte aufgefangen, nur in einer grösseren Entfernung, als wo das durch das Ocular mit dem Auge beobachtete Luftbild zu liegen pflegt, und mit der Veränderung des Strahlenganges, welche die Ocularlinse verursacht. Die durch das Ocular herbeigeführte Verschlechterung des reellen Objectivbildes hat die von FAYEL eingeführte einzige wirkliche Neuerung in seinem Verfahren natürlich nicht zu beseitigen vermocht. Letztere besteht nämlich in einer Sammellinse, welche zwischen dem Ocular und der empfindlichen Platte angebracht wurde. Auch erwähne ich sie nur deshalb, weil ich in diesem Versuche FAYEL's gewissermaassen eine embryonale Form des späteren ABBE-ZEISS'schen Projectionsoculars (eigentlich Objectivs) erblicke. — S. TH. STEIN [1] glaubt etwas Neues zu geben, wenn er hinter die matte Scheibe der photographischen Camera einen Spiegel stellt, um bei lang ausgezogener Camera, wenn man, hinter dieser stehend, die Mikrometerschraube des Mikroskops nicht erreicht, darin die Einstellung des auf der matten Scheibe erschienenen Bildes zu controlliren. Wie wir sahen, hat diese Vorrichtung ROOD [1] bereits 1862 vorgeschlagen. — Ebenfalls STEIN [2] rühmt zu einer Zeit, wo das Bromgelatine-Verfahren längst erfunden war, die trockenen Collodiumplatten von F. WILDE (Görlitz). Für stärkste Vergrösserungen musste man sogar bei Magnesiumlicht bis zu einer viertel Stunde exponiren. STEIN's Aufsatz beweist nur, dass das Bromgelatine-Verfahren in Deutschland noch immer nicht eingebürgert war. Uebrigens zogen auch in England und Amerika noch immer manche Mikrographen das alte nasse Verfahren vor, wie es aus der Schrift C. SEILER's [1] 1879 hervorgeht. — PELLERIN [1] beschreibt eine, wie mir scheint, sogar damals schon ziemlich überflüssige Camera lucida, welche dem Polarisations-Apparat von CORNU (s. w. u.) nachgebildet ist. Auf diejenige Fläche eines vergrösserten WOLLASTON'schen Prismas, welche mit der Horizontalebene (beim horizontal umgelegten Mikroskop) 135° bildet, ist eine Feldspathplatte (vertical auf der Krystallachse aus dem Krystall geschnitten) aufgeklebt und auf diese ein zweites Prisma, dessen untere, dem Zeichenfelde zugekehrte Fläche parallel zu der oberen, dem Auge des Beobachters zugekehrten Fläche des WOLLASTON'schen Prismas ist. Bei der gehörigen Stellung des letzteren zur Mikroskopachse werden die von dem Objecte kommenden Lichtstrahlen als ausserordentliche total reflectirt und dem Auge zugeführt, als ordentliche hindurchgelassen und abgelenkt; von der Zeichenfläche werden dagegen die ordentlichen Strahlen hindurchgelassen und gelangen in das Auge, während die ausserordentlichen total reflectirt und abgelenkt werden. In dieser Weise gelangt sowohl vom mikroskopischen Bilde, als auch von der Zeichenfläche nur die Hälfte des Lichtes in das Auge, aber die Strahlen kommen in verticaler Richtung sämmtlich aus dem Prisma. Deshalb erblickt man mit der ganzen Pupille gleichzeitig Object und Zeichenfeld. Beim

WOLLASTON'schen Prisma muss man durch die halbe Pupille das Object und durch die andere Hälfte das Zeichenfeld fixiren, weshalb die Congruenz des mikroskopischen Bildes und der Zeichnung nur bei unbewegtem Kopfe mit Mühe zu erreichen ist. Auf der anderen Seite lassen diejenigen Zeichenapparate, bei welchen entweder die vom Object kommenden Lichtstrahlen oder die vom Zeichenfeld kommenden von einer planparallelen Glasplatte reflectirt werden, durch welche man im ersteren Fall direct auf das Zeichenfeld (BEALE's neutral-tint glass reflector) oder im letzteren Fall auf das mikroskopische Bild sieht (NOBERT's Camera), mehr als die Hälfte des Lichtes unbenützt durch die Glasplatte gehen und daher entweder das mikroskopische Bild oder das Zeichenfeld zu lichtschwach erscheinen. Allerdings wird durch eine mit Neutraltinte gefärbte Glasplatte, welche weniger Licht durchlässt und mehr reflectirt, die Lichtstärke der beiden Bilder des Objectes und der Zeichnung einander ähnlicher; doch ist die PELLERIN'sche Vorrichtung auch dieser, nicht aber den Zeichenapparaten mit durchbohrtem Spiegel über dem Ocular nach dem alten AMICI'schen Typus vorzuziehen.

1879 Nichtsdestoweniger hat JAMES SWIFT in dem von FRANK CRISP [1] 1879 bekannt gemachten Apparat die NOBERT'sche Camera nachgebildet und nicht einmal verbessert. Eine im wesentlichen ebensolche Nachbildung, einen umgekehrten HAGENOW'schen Dikatopter, erblicke ich in der Camera lucida von J. G. HOFMANN, welche FRANK CRISP [1] und noch etwas früher auch H. VAN HEURCK beschrieben, letzterer sogar gepriesen hat. Beim HAGENOWschen Dikatopter kommen die Lichtstrahlen vom Object (durch das Loch im kleinen Spiegel), bei der HOFMANN'schen Camera vom Zeichenfeld direct, ohne Reflexion in das Auge durch eine schräg aufgestellte Glasplatte, welche die vom Object gekommenen Lichtstrahlen zum zweiten Male reflectirt. Letztere ist an einem besonderen Ocular fest angebracht. Beim verticalen Mikroskop verlangen beide ein rechtwinkelig gebrochenes Ansatzstück der Mikroskopröhre (wie die OBERHÄUSER'sche Camera und mehrere andere), und beide sind gleich überflüssige Instrumente. (J. PELLETAN [8] hielt indessen die HOFMANN'sche für die beste damalige Camera lucida.) Mit dem gebrochenen Ocular gebraucht, verursachen beide die Umkehrung von Rechts und Links im mikroskopischen Bilde; der HAGENOW'sche Dikatopter in Folge einer einmaligen, die HOFMANN'sche Camera in Folge einer dreimaligen Reflexion der vom Object kommenden Strahlen. (Ausserdem verursacht die Glasplatte der HOFMANN'schen Camera eine doppelte Reflexion, welche nur bei sehr grosser Dünne der Platte nicht sehr stört.) — Auch J. CUNNINGHAM RUSSELL [1] glaubt eine neue Form von Camera lucida vorzuschlagen, welche, theoretisch wenigstens, gewisse Vortheile zu bieten scheint, aber in Folge zu grossen Verlustes an Licht und Schärfe in dem Bilde des Objectes und des Zeichenfeldes nur für schwache Vergrösserungen gut zu brauchen sein dürfte. Wie wir sahen, wurde eine ähnliche schon 1876 von H. G. HOLLE [1] empfohlen, doch weiss ich nicht, dass sie heutzutage noch in Gebrauch oder je in Gebrauch gekommen wäre, wir sind ja schon nahe zur Zeit, wo der ABBE'sche Zeichenapparat eingeführt wurde und bald die meisten anderen beinahe ganz verdrängte. Das Princip der HOLLE-RUSSELLschen Camera ist, dass man mit dem gewöhnlichen Ocular das reelle Objectivbild des Objectes und das reelle Luftbild des Zeichenfeldes auf

einmal beobachtet. Beide Bilder befinden sich in derselben Ebene unter dem Ocular und können sich übereinander nicht verschieben. Das Auge hat nicht in ein kleines Loch zu schauen, sondern blickt bei bequemer Haltung des Kopfes in das gewohnte Ocular. Das untere Ende eines unter rechtem Winkel zweimal gebrochenen Rohres wird an Stelle des Oculars in das Mikroskoprohr gesteckt; im oberen Ende befindet sich das Ocular. Ein rechtwinkeliges Prisma im ersten Knie des Rohres giebt den vom Object kommenden Strahlen eine horizontale, und eine im zweiten Knie unter 45° aufgestellte neutral gefärbte Glasplatte unter dem Ocular wieder eine verticale Richtung. Das das Ocular tragende verticale Endstück des Rohres ist nach unten verlängert, und in dieser Verlängerung ist eine ocularartig gefasste teleskopische Objectivlinse auf und ab zu schieben. Die teleskopische Linse entwirft unter dem Ocular das reelle Bild der Zeichenfläche. Der horizontale Theil des gebrochenen Rohres besteht aus zwei ineinander gesteckten Röhrenstücken so, dass die äussere Röhre, welche sich in das das Ocular tragende Endstück fortsetzt, um eine horizontale Achse herum zu drehen ist. Am unteren Ende des die Teleskoplinse tragenden Ansatzstückes ist ein bildumkehrendes Prisma angebracht, dessen untere, dem Zeichenfeld zugekehrte Fläche so abgeschliffen ist, dass sie dann mit dem Zeichenfeld parallel und horizontal ist, wenn das Ocularrohr mit dem Mikroskoptubus einen gewissen Winkel bildet, wodurch auch das Hineinsehen in das Ocular bequemer wird. — Auch eine Kopfstütze beim Zeichnen mit der Camera wurde in diesem Jahre vorgeschlagen: ein gepolsterter, horizontaler Balken, welcher, auf zwei verticalen Säulen bewegbar, in Kopfhöhe festzuschrauben ist (Support for the Head etc. in Journ. R. Micr. Soc. vol. 2, 1879, p. 187.) — Micro-Megascope wird von Matthews [1] eine Vorrichtung genannt, welche dazu dient, ein verkleinertes Bild des zur Untersuchung in toto zu grossen Objectes in die Objectivebene des Mikroskopes zu projiciren, um es so anstatt des Objectes selbst mit dem Mikroskop zu beobachten. Es ist dasselbe Verfahren, welches, wie wir wissen, Harting [1] (s. p. 352 d. vorl. Werkes) und eigentlich noch früher Goring [2] (s. p. 331 d. vorl. Werkes) zum Projiciren des Bildes von Massstäben etc. in die Tischebene von unten her benutzten, somit dasselbe Verfahren, welches viel später auch Royston-Pigott [3] (s. p. 363 d. v. W.) entdeckt zu haben glaubte. Von Nutzen dürfte es gelegentlich auch beim Zeichnen gewisser Objecte sein, welche indessen meist wohl leichter und besser mit irgend einem für das einfache Mikroskop eingerichteten Zeichenapparat abgebildet werden können. — J. J. Woodward berichtet [15] über die ausgezeichneten Leistungen eines nach ihm von Tolles verfertigten Amplifiers, welcher, wie wir schon wissen, eine Concavlinse von langem Focus (6·5″) ist und an das untere Ende des Auszugsrohres des Mikroskoptubus geschraubt wird. Jeder Bildweite (bis zu 10′ und noch mehr) entspricht eine gewisse, durch Probiren zu bestimmende Lage des Amplifiers, bei welcher das bei Ocularbeobachtung scharf eingestellte Object auch auf dem Schirm in vollster Schärfe erscheint und keiner nachträglichen weiteren Einstellung bedarf. Dagegen lieferte Zeiss Woodward mit den ihm gesandten neuen Homogenimmersions-Systemen Concavlinsen, welche direct auf das hintere Ende der Objectivfassung zu schrauben waren, aber sehr schlecht

functionirten. Auch verliess ZEISS bald diesen Plan und brachte Amplifier nach dem WOODWARD'schen Vorschlag in den Handel. Sonst erwiesen sich die ZEISS'schen Linsen als vorzügliche photographische Objective (von 1/8 und 1/12" Brennweite), mit welchen blos ein Objectiv von TOLLES (1/10" Brennweite) wetteifern konnte.

1880 Die in der zuletzt erwähnten Arbeit WOODWARD's beschriebenen Photographien von Amphipleura und Pleurosigma werden 1880 von C. JANISCH [1] deutsch beschrieben, und gleichzeitig (auf p. 262) wird von ihm die erste deutsche Schilderung des WOODWARD'schen Amplifiers gegeben. — Auch K. L. KASCHKA [1] findet die grösste Schwierigkeit beim Photographiren der Bacterien darin, dass die üblichen und besten Tinctionen denselben eine Farbe verleihen, welche die actinischen Strahlen beinahe eben so gut, wie die ungefärbte Umgebung durchlässt. Nicht einmal das Bismarckbraun ist in dieser Hinsicht befriedigend. Deshalb schlägt er eine schwarze Färbung der Bacterien durch Jodsilber vor, welche indessen nur für photographische Zwecke zu empfehlen ist. — TH. W. ENGELMANN [4]: auf p. 576-577 Beschreibung der Methoden, deren er sich bei seinen mikrometrischen Untersuchungen an contrahirten Muskelfasern bediente. Ein Dunkelkasten zum Abhalten störender Lichteindrücke vom Beobachter (p. 577, s. auch w. u.). — TH. CARL [1] erörtert die Beziehung zwischen der Vergrösserung der Mikroskope und der Genauigkeit der mikrometrischen Messungen. Letztere wächst, wie seit jeher bekannt, bis zu einer gewissen Grenze mit der Vergrösserung. — Jemand stellt im Amer. Month. Micr. Journ. (vol. 1. p. 67: Micrometry and Collar-adjustement) den Unterschied in der Vergrösserung verschiedener amerikanischer und englischer Objective mit Correctionsschraube bei den zwei extremen Stellungen der Schraube zusammen. Die Vergrösserung bei der Correction für unbedeckte Objecte soll bis nahezu um 30% geringer sein als bei der Correction für das dickste Deckglas. Die Stellung der Correctionsschraube muss also bei Vergleichung der Dimensionen verschiedener Objecte in verschiedenen Präparaten mehr beachtet werden, als es zu geschehen pflegt. Ich selbst habe ein apochromatisches Objectivsystem von 4 mm aequiv. Brennweite von ZEISS darauf hin untersucht. Die Correction geht bei demselben von 0·13 mm bis zu 0·23 mm Deckglasdicke. Bei ersterer Stellung der Schraube ist die Vergrösserung um etwa 5 Proc. geringer als bei letzterer. (Der Unterschied ist bei allen Ocularen gleich. Nach dem erwähnten Artikel ist sie bei drei verschiedenen Ocularen ziemlich verschieden, was offenbar auf einer ungenauen Messung beruht.) — Aus Amerika kommt die Nachricht über eine Testplatte, welche die NOBERT'schen, sogar die letzten, weit übertroffen hätte. Unter dem Titel „An Evening with FASOLDT's 1 000 000 Test Plate" berichtet Jemand im Amer. Journ. Micr. (vol. 5, 1880, p. 160) von einer Testplatte, welche Liniengruppen bis zu 1 000 000 auf den Zoll enthält, verfertigt mit einer von FASOLDT construirten Theilmaschine. Da von den einander nächsten Linien der NOBERT'schen Platten 112 595·1 auf den englischen Zoll kommen (ihre Entfernung also etwa 226 Millimikren ist), so wären die der FASOLDT'schen Platte einander beinahe 9mal näher, in einer Entfernung von etwa 25 Millimikren. Natürlich ist dies eine Behauptung, welche man nie direct beweisen könnte, indem die voraussichtliche Grenze der mikroskopischen Unterscheidung von

Linien, bei Wirksammachung der Wellenlänge $\lambda = 0{\cdot}30\ \mu$ und bei schräger Beleuchtung, in 105 Millimikren gegenseitigem Abstand der Linien erreicht wäre (s. w. u. und bei CZAPSKI [2] p. 155). — Die Schätzung der scheinbaren Grösse der mikroskopischen Bilder durch verschiedene Beobachter hängt, falls letztere an mikroskopische Beobachtungen gewöhnt sind, nach den Versuchen von C. MONTIGNY [1] in erster Linie von der Sehweite des Betreffenden ab, ist aber auch durch eine Art persönlichen Irrthums (erreur personnelle) beeinflusst. Sie ermöglicht also selbst bei bekannter Vergrösserung kein annäherndes Urtheil über die wahre Grösse des Gegenstandes. Derselbe Gegenstand kann dem einen Beobachter doppelt oder noch mehrere Mal so gross erscheinen, wie dem anderen. Dem rathe ich indessen dadurch abzuhelfen, dass man den mikrometrischen Werth der eigenen Schätzung bei jeder benützten (für 250 mm Sehweite angegebenen) Vergrösserung seines Instrumentes an einem Object-Glasmikrometer und einem in der Entfernung des eigenen deutlichen Sehens vom Auge neben das Mikroskop gelegten Massstab (etwa durch Doppelsehen) ein für alle Mal bestimme. — J. J. WOODWARD [16] beantwortet die 1879 (s. Journ. R. Micr. Soc. vol. 2, 1879, p. 154-155) von der Troy Scientific Association gestellten Fragen noch der mikrometrischen Einheit zu Gunsten des metrischen Systems und des Mikromillimeters. Das Mikromillimeter soll von continentalen Forschern seit einiger Zeit mit dem „μ“ bezeichnet werden, und WOODWARD macht den Vorschlag, dasselbe anstatt Mikromillimeter kurz „Mikron“ zu nennen. Bekanntlich war der Ausdruck Mikromillimeter bereits seit langer Zeit allgemein gebraucht, ja auch die Bezeichnung Mikron oder „micra“ und das Zeichen μ wurde vereinzelt schon Ende der sechziger Jahre (s. z. B. FLÖGEL [1] 1869, p. 713) und noch mehr bereits Anfang der siebziger Jahre gebraucht (s. z. B. MALASSEZ [5] 1872, p. 1530 in der Fussnote). In Betreff der Object-Glasmikrometer, welche allein zur Bestimmung des mikrometrischen Werthes der Eintheilung des Ocularmikrometers dienen sollen, empfiehlt er, ein Centimeter in Millimeter und eines der letzteren in 100 Theile zu theilen, was ebenfalls viel Anklang gefunden hat. — MALASSEZ [9]: neuere Modificationen der Apparate für Blutkörperchen-Zählung. Kritische Besprechung der von Anderen empfohlenen Apparate. Nichts wesentlich Neues. — W. HIS [6] p. 8 combinirt eine OBERHÄUSER'sche Camera mit einem kleinen photographischen Objectiv, um bei schwacher Vergrösserung von 4-40 Mal zeichnen zu können. Beide können auf einer verticalen, mit Theilung versehenen Triebstange in beweglichen Hülsen hin und her geschoben werden. — Im Journ. R. Micr. Soc. (vol. 3, p. 524) werden unter dem Titel „SPENCER and TOLLES Camera lucida“ zwei nach STODDER in Amerika seit lange gebrauchte Zeichenapparate beschrieben, welche nichts weiter sind, als die erste Camera lucida von AMICI [1], welche aus einem 8 mm dicken Glasplättchen, unter 45^0 vor dem Ocular aufgestellt, besteht (s. p. 326 d. vorl. Werkes). Wie wir sahen, ist eigentlich auch der „neutraltint-glass reflector“ von BEALE ([2] p. 33) dasselbe. — Auch J. C. DOUGLAS [1] bringt mit den verschiedenen Formen von Camerae lucidae, die er vorschlägt, nichts Neues. Er wendet den Vorschlag von GOVI [1] (s. p. 365 d. v. W.), mit einer dünnen Schichte auf Glas niedergeschlagenen Metalls Zeichenapparate herzustellen, auf mehrere nach dem AMICI'schen Princip gebaute Camerae an. Eine derselben ist die

NOBERT'sche Camera lucida, mit dem Unterschied, dass das unter 45° über dem Ocular aufgestellte Glasplättchen mit einer durchsichtigen Silberschichte belegt und das Prisma, welches die vom Zeichenfeld kommenden Lichtstrahlen zuerst reflectirt, durch eine mit dem kleinen Glasplättchen parallele grössere Glasplatte ersetzt ist, welche, mit einer undurchsichtigen Silberschichte belegt, als Spiegel dient. Von dem mit der durchsichtigen Silberschichte belegten Glasplättchen wird zwar viel mehr Licht reflectirt, als von einem unbelegten, welches nach FRESNEL's Untersuchungen 17/18 Theile des Lichtes durchgehen lässt (s. auch PFAUNDLER-LUMMER [1] Bd. 2, p. 46), dafür wird aber das mikroskopische Bild umso lichtschwächer. Allerdings kann man Glasplättchen mit verschieden dickem Silberbelag, welche also verschiedene Lichtmengen durchlassen, vorräthig halten und durch die Wahl eines geeigneten Plättchens erreichen, dass eine eben nur etwas grössere Lichtmenge von dem Zeichenfeld als von dem Object in das Auge gelangt; in diesem Falle ist das, was überhaupt sichtbar ist, meist am leichtesten zu zeichnen. Je stärker die Vergrösserung und je lichtschwächer dadurch das mikroskopische Bild ist, eine umso durchsichtigere Platte muss man wählen. Dabei kommt man aber, nach meiner Erfahrung, bald zu einer Grenze, bei welcher die Reflexion an dem Plättchen nicht mehr genügt, um die gezeichneten Linien deutlich zu sehen. Damit wird auch die dritte Reflexion auf der unteren (unbelegten) Fläche des Glasplättchens immer störender; bei undurchsichtigeren Plättchen mit der Silberschicht nach oben fällt sie kaum auf. — Dem seit jeher empfundenen Bedürfniss, auf einer schwarzen Zeichenfläche mit einem gehörig harten und spitzen Stift zeichnen zu können, will CRÉTEUR [1] dadurch entgegenkommen, dass er mit einer Metallspitze auf einer Gelatineplatte zeichnet, die er auf einen schwarzen Grund legt. Ein besonderer Vortheil der Methode ist, dass die so gemachte Zeichnung leicht auf Stein zu übertragen ist.

1881 Es wurde bald ziemlich energisch gegen die Behauptung FASOLDT's, Linien in einer Entfernung von einem Millionstel Zoll gezogen zu haben, protestirt. So unter Anderen von R. H. WARD [8] 1881 („Fine Rulings" im Journ. R. Micr. Soc. (2) Bd. 1, p. 544-545) und von R. HITCHCOCK [2] 1882, und während inzwischen FASOLDT [1] seine Behauptung wiederholte (ebendort, p. 949-950), theilte J. MAYALL jun. [1] (ebendort, p. 978-979) mit, dass die Linien in einer FASOLDT'schen Testplatte mit Liniengruppen von 10 000 bis 120 000 auf den Zoll so schwach gezogen waren, dass sie einen sehr geringen praktischen Werth besitzen. Jedenfalls sind die NOBERT'schen Platten viel besser. — G. M. STERNBERG [2]: eine weitere Methode, den Bacterien eine, wenn auch vergängliche, photographirbare Farbe zu verleihen. Wir erwähnen sie, um darauf hinzuweisen, welchen vergeblichen Mühen die Mikrophotographie durch die im folgenden Jahre schon allgemeiner bekannt gewordenen orthochromatischen Platten enthoben wurde, welche nunmehr gestatteten, auch roth und violett gefärbte Gegenstände leicht zu photographiren. — Unter den Titeln „ZEISS's Camera lucida with two Prisms" und „ZEISS's Camera lucida" befindet sich auf p. 818-819 (Fig. 179-180) und p. 940-941 (Fig. 213-214) im Journ. R. Micr. Soc. (2) Bd. 1 eine ausführlichere Beschreibung des alten ZEISS'schen Zeichenapparates mit zwei Prismen als die von DIPPEL, und zwar nach der von ZEISS mit dem Instrumente

gegebenen Gebrauchsanweisung. Auch aus dieser geht hervor, dass die Schwierigkeit, das Bild des Objectes und des Zeichenfeldes mit einander zur Deckung zu bringen, hier ebenso gross ist, wie bei der Camera lucida von WOLLASTON. Beim Bewegen des Auges verschieben sich die beiden Bilder übereinander. — C. CRAMER [1] tadelt die HOFMANN'sche Camera lucida und giebt einen Zeichenapparat an, den mit einiger Geschicklichkeit jedermann selbst verfertigen kann. Es ist die Camera von MILNE EDWARDS und DOYÈRE, ungefähr in derselben Fassung, wie der sogenannte kleine Zeichenapparat von SEIBERT & KRAFFT (s. gleich w. u.). Ein Theil der Vorwürfe CRAMER's trifft in gleicher Weise für sämmtliche Zeichenapparate zu, die das gebrochene Ocular erfordern, nämlich, dass das letztere den Tubus über den bei der Correction der Objective vorgesehenen Grad verlängert und deshalb viel zu grosse, aber umso weniger scharfe Bilder giebt. — E. HARTNACK [1] gab dem „HIS'schen Embryograph" eine compendiöse Form, welche ein Zeichnen innerhalb der Grenzen von 4 bis 70facher Vergrösserung erlaubt. Die Gebrauchsanweisung dazu hat HIS selbst geschrieben (p. 286-287).

Indessen beschrieb L. DIPPEL [5] bereits 1882 die Camera lucida, 1882 welche ABBE auf seine Anregung bei ZEISS herstellen liess. Dieser ABBE-sche Zeichenapparat ist im Wesentlichen, wie schon wiederholt erwähnt, die AMICI'sche Camera lucida oder vielmehr die von MILNE EDWARDS und DOYÈRE [1] aus 1836, mit dem einzigen Unterschied, dass hier der kleine Spiegel mit der Oeffnung in dem Augenpunkt des Oculars in ein Glaswürfelchen eingeschlossen ist. Dieser später so benannte ABBE'sche Würfel „wird von zwei kleinen rechtwinkeligen, zusammengekitteten Prismen gebildet, deren eines eine versilberte Hypotenusenfläche mit einem in die Versilberung eingeschabten kreisrunden Loche besitzt" (DIPPEL [5] p. 242). Wir sahen aber, dass GOVI [1] schon 1875 ähnliche Doppelprismen durch NACHET verfertigen liess, nur liess er den Goldbelag dünn, durchsichtig machen und auch in der Mitte nicht wegschaben. Es ist demnach fraglich, ob man nicht richtiger von einem GOVI'schen Würfel reden würde. Bei dem ABBE'schen Apparat ist der Lichtverlust sowohl des mikroskopischen Bildes, als auch des Bildes der Zeichenfläche auf ein Minimum reducirt. Bei einem ähnlichen Apparat mit einem GOVI'schen Würfel würde mehr oder weniger Licht eingebüsst werden, und zwar steht der Lichtverlust im mikroskopischen Bilde bei zunehmender Dicke des Belages im umgekehrten Verhältniss zu dem Lichtverluste im Zeichenfelde. Arbeitet man mit dem ABBE'schen Beleuchtungsapparat und engt man den beleuchtenden Strahlenkegel nicht allzusehr ein, so ist die Lichtstärke des mikroskopischen Bildes bei Benutzung des ABBE'schen Zeichenapparates bedeutend grösser, als die des Zeichenfeldes, ausser man erzielte durch starke Oculare eine starke Vergrösserung. Bei einer mit dem apochromatischen Objectivsystem von 4 mm Brennweite und dem Compensationsocular 4 erzielten 250fachen, ja sogar bei einer 500fachen Vergrösserung mit dem apochromatischen Oelimmersionsystem von 2 mm (besonders von 1·40 Apertur) und demselben Ocular überwiegt die Lichtstärke des mikroskopischen Bildes noch immer, so dass man ganz gut einen Theil davon opfern und das GOVI'sche Prisma benützen könnte. Durch dieses wäre nämlich die Coincidenz des mikroskopischen Bildes und des Bildes der Zeichenfläche gesichert, auch wenn

der Beobachter während des Zeichnens den Kopf bewegt, was eben bei dem ABBE'schen Zeichenapparat nicht einmal dann der Fall ist, wenn er sonst genau centrirt zu sein scheint. Bewegt man den Kopf, indem man in den Apparat hineinsieht, so bewegt sich auch die Bleistiftspitze über dem mikroskopischen Bilde, zwar nicht so sehr wie bei der WOLLASTON-schen, der alten ZEISS'schen, der SÖMMERING'schen oder OBERHÄUSER'schen oder anderen Camerae lucidae, aber doch in einer Weise, welche umso mehr stört, je schwächer die Vergrösserung. Die Verschiebung geht bis zu einem Millimeter, was gerade genügt, den Zeichner zu zwingen, den Kopf beim Zeichnen unbewegt zu halten. Bevor er das Zeichnen unterbricht, muss er sich im mikroskopischen Bilde und in dem Zeichenfelde fixe Punkte, die coincidiren, merken und, wenn er das Zeichnen fortsetzen will, diese erst wieder zur Coincidenz bringen. Das ist eine Schwierigkeit, welche, wie gesagt, durch den GOVI'schen Würfel beseitigt werden könnte, welcher aber durch die späteren Modificationen des ABBE'schen Zeichenapparates nicht abgeholfen ist. — Eine Verzerrung des Bildes findet nur dann nicht statt, wenn der grosse Spiegel 45° mit der Mikroskopachse bildet, also parallel mit der kleinen Spiegelfläche im Würfel ist. Ist dieser Winkel grösser, so erfahren die auf der zur Mikroskopachse verticalen (also in der Regel horizontalen) Zeichenfläche weiter vom Mikroskop entfernt liegenden Theile des Bildes eine immer stärkere Vergrösserung. Kleiner erscheinen sie dagegen, wenn der Winkel des Spiegels mit der Mikroskopachse kleiner als 45° ist. Im ersteren Falle haben nämlich die Lichtstrahlen, welche die vom Mikroskop weiter liegenden, im letzteren Fall, welche die näher liegenden Punkte in das Auge senden, einen längeren Weg zurückzulegen. Soll das Zeichenfeld aus irgend einem Grunde weiter weg vom Mikroskop liegen, als es bei einer Stellung des Spiegels unter 45° möglich ist, so muss man das Zeichenfeld gegen das Mikroskop um doppelt so viel neigen, wie der Winkel des Spiegels mit der Mikroskopachse grösser denn 45° ist. Ist der Winkel des Spiegels kleiner, so muss man die Zeichenfläche vom Mikroskop weg neigen, ebenfalls um doppelt so viel, wie der Winkel kleiner als 45° ist. Allgemein muss die Neigung der Zeichenfläche doppelt so gross sein, wie der von den zwei Spiegelflächen miteinander gebildete Winkel. — Die späteren Verbesserungen des Apparates betreffen, ausser der Verlängerung des Armes und Vergrösserung des Spiegels, einerseits den Mechanismus zum Aus- und Einschalten des Apparates, ohne ihn vom Mikroskoptubus abschrauben zu müssen, und andererseits die Art und Weise des Einschaltens von Rauchgläsern entweder zum Verdunkeln des Gesichtsfeldes zwischen Ocular und Prisma, oder zum Verdunkeln des Zeichenfeldes zwischen Prisma und Spiegel. So beschreibt DIPPEL [5a] bereits 1882 eine Verbesserung, welche in der Anbringung von zwei drehbaren Rauchglasplatten zwischen Prisma und Spiegel bestand (p. 212). — Schon die älteste Form des Apparates war wie ein Schachteldeckel auf das Ocular zu legen, was bereits MALASSEZ [8] 1879 vorgeschlagen hatte, sie war aber nicht umzuklappen und anfangs nur für das HUYGHENS'sche Ocular No. 2 bestimmt. DIPPEL sagt ([5] p. 243), dies sei kein Nachtheil, da ja auch die OBERHÄUSER-sche oder HOFMANN'sche Camera lucida mit einem bestimmten Ocular dauernd verbunden ist. Indessen ist das, wie man es auch nimmt, doch ein grosser Nachtheil. Dieser fällt aber bei Benutzung der Compensationsoculare, wie

sie von ZEISS in der letzten Zeit gefasst werden, weg. Letztere haben den Augenpunkt alle in derselben Höhe über dem oberen Rande der Fassung; verschieden tief ist die Augenlinse selbst angebracht. Leider konnte man die früheren Compensationsoculare 6, 8 und 12 wegen eines hervorstehenden, ganz überflüssigen Ringes an der Fassung nicht bis zum oberen Rande der letzteren in die Mikroskopröhre hineinsenken. In der letzten Zeit hat die ZEISS'sche Fabrik, wie ich an vor Kurzem bezogenen Ocularen sehe, jenen Ring (welcher im Preiscourant No. 30 von 1895, p. 16 noch mitgezeichnet ist) weggelassen, und nun kann man sämmtliche Oculare, bei entsprechendem Ausziehen des Tubus unbeschadet der optischen Leistung, bis zum obersten, hervorstehenden Rand in den Tubus senken, wodurch schon die alte Form des ABBE'schen Zeichenapparates, welche wegen ihrer Billigkeit heute noch von Manchen gewählt werden dürfte, mit sämmtlichen Compensationsocularen gleich gut brauchbar geworden ist. Unvergleichlich besser als die sehr anstrengende alte ZEISS'sche Camera lucida ist sie schon und doch nur um ein weniges theurer (25 gegen 21 Mark). — GRUNOW's [1] Camera lucida ist der ABBE'sche Zeichenapparat, nur ist der grosse Spiegel wieder durch ein rechtwinkeliges Prisma ersetzt, wodurch die Grösse der spiegelnden Fläche nur unnöthig beschränkt wird, da ja ein Prisma mit so grosser Hypotenusenfläche, wie der Spiegel zu sein braucht, eine viel zu schwere Last bilden würde. — Unter dem Titel „NACHET's Improved Camera lucida" befindet sich im Journ. R. Micr. Soc. (2. Ser. Bd. 2, p. 260-261) eine mit Figuren (44-46) illustrirte Beschreibung des nach GOVI [1] modificirten NACHET'schen Zeichenprismas. — L. CURTIS [1] lässt ein mit Zahn und Trieb auf und ab zu bewegendes Zeichentischchen an dem Stativ des Mikroskops befestigen, damit man bei jeder Stellung des letzteren zeichnen kann und dazu blos das Ocular mit einer OBERHÄUSER'schen Camera zu vertauschen braucht. Mir erscheint es aber fraglich, ob ein solches Tischchen die zum bequemen Zeichnen nöthige Grösse und Stabilität besitzen kann. — A. J. MOORE's [1] Camera lucida ist einfach ein SÖMMERING'sches Spiegelchen auf einem runden Deckgläschen, welches unter 45° vor dem Ocular befestigt wird. — W. T. SUFFOLK [2] will auf die Zeichenapparate verzichten und zur alten Methode des Zeichnens mit dem Netzocular auf in Quadrate getheiltes Papier zurückgehen. Nach unserer Meinung ein Nothbehelf, zu dem man nur dann greifen soll, wenn man keinen ABBE'schen Zeichenapparat besitzt oder benutzen kann. — C. H. KAIN [2] projicirt das mikroskopische Bild mit einem konvexen Spiegel nach unten auf eine weisse Fläche und zeichnet es dort. — In der 2. Auflage des DIPPEL'schen Handbuches (die zweite Abtheilung des ersten Theiles von p. 337-736 erschien 1882) ist unter der Bezeichnung CHEVALIER's Camera lucida p. 629, Fig. 443 die alte Camera lucida von MILNE EDWARDS und DOYÈRE angeführt, dagegen ist (schon in der 1. Auflage, p. 233, Fig. 177, und übrigens auch bei NACHET [1] 1860, p. 157) unter dem letzteren Namen jene alte Construction HARTNACK's beschrieben, bei welcher statt des durchbohrten Spiegels über dem Ocular das kleine Pupillenprisma, und statt des grossen Spiegels ein grösseres Prisma angebracht ist. Dafür ist der „kleine Zeichenapparat von SEIBERT & KRAFFT" auf p. 630, Fig. 444 nichts weiter, als die ursprüngliche Form von MILNE EDWARDS und DOYÈRE, nur in einer anderen (un-

practischeren) Fassung. Der „kleine Zeichenapparat von WINKEL" auf p. 624-625, Fig. 436 ist mit dem Ocular 2 fest verbunden, während „der grosse WINKEL'sche Zeichenapparat" auf p. 632, Fig. 447 zum Zeichnen bei Lupenvergrösserung oder in natürlicher Grösse dient. Beide sind nichts weiter, als ein rechtwinkliges Pupillenprisma, welches das Bild des Objectes auf die unter 45° zu neigende Zeichenfläche projicirt; letztere wird an dem Prisma vorbei direct gesehen. Das Bild ist also, infolge der blos einmaligen Reflexion, verkehrt. Bei der Beschreibung des HIS-HARTNACK'schen Embryographen auf p. 633-634 (Fig. 448) erwähnt DIPPEL gerade die eigentliche Neuerung, dass mit der OBERHÄUSER'schen Camera ein photographisches Objectiv combinirt ist, nicht. Das bei DIPPEL beschriebene Objectschraubenmikrometer von ZEISS (p. 636, Fig. 450) scheint mir in seiner Neuerung nichts Wesentliches zu bieten; dagegen verwirklicht das Ocularschraubenmikrometer derselben Werkstätte (p. 639-640, Fig. 452) das Princip des MOHL'schen Ocularschraubenmikrometers auf eine einfachere und doch vollkommen genügende Weise. Indessen sind feinste Messungen, und nur für solche genügt das gewöhnliche Ocularglasmikrometer nicht, auch mit diesem Apparat äusserst schwierig, und eine grössere Genauigkeit und Gleichmässigkeit in dem Bestimmen von Dimensionen unter 1 μ ist nur durch eine sehr grosse Uebung gesichert. Besonders schwierig zu bestimmen ist die Distanz von regelmässig und dicht gelagerten, gleichen Structurelementen, etwa wie die Längsstreifen von Surinella gemma, die Quer- und Längsstreifen von Frustulia saxonica, die Querstreifen von Amphipleura pellucida. Aber ganz unmöglich ist es, damit die Dicke von isolirten Elementen unter 1 μ genau zu messen. Ueberall steht der schon oft erwähnte Erbfehler sämmtlicher Mikrometer in dem Wege. Umsonst sieht man die Streifen oder die Punkte noch so scharf, man kann es schwer sicher entscheiden, wann die scheinbar fixe Marke des Gesichtsfeldes (der Kreuzungspunkt der zwei diagonalen Striche auf der planen unteren Fläche der durch die Schraube bewegten Linse) einen bestimmten Streifen oder Punkt deckt, und wann sie mit dem nächsten zur Deckung gekommen ist. Umsonst steht eine isolirte dünne Fibrille oder ein Körnchen noch so scharf und mit einem noch so grossen Farbencontrast in dem Gesichtsfelde vor uns, so ist es doch unmöglich zu entscheiden, wann die Marke die Grenzpunkte der gesuchten Breite gerade berührt. Dazu kommt noch, dass erstens der in Rede stehende Apparat als Ocular unseren gegenwärtigen Compensationsocularen an Güte nicht gleich kommt[1], zweitens dass die damit zu erreichende Vergrösserung

[1]) Erst seit 1891 (s. Preisverzeichniss 29 p. 73) führt ZEISS zum Gebrauch mit Apochromaten Ocularschraubenmikrometer mit Compensationsocular statt des RAMSDEN'schen. Seit dieser Zeit ist die Werkstätte auch von dem MOHL'schen Prinzip zurückgekommen, das Strichkreuz sammt dem Ocular durch die Mikrometerschraube über das Objectivbild hinwegzuführen, damit die Messung stets in der Mitte des Ocularfeldes erfolge. Die neueren ZEISS-schen Ocularschraubenmikrometer verwirklichen das ursprüngliche RAMSDEN-sche Prinzip, indem sie blos die Glasplatte mit dem darauf eingeritzten Strichkreuz verschieben. Die älteren liessen bis zu 8 mm in dem vom Objectiv

zum Schätzen von so kleinen Dimensionsunterschieden nicht genügt, und drittens, dass die feste Marke im Gesichtsfelde, wenigstens in meinem Instrument (welches ich nur mit dem grössten ZEISS'schen Stativ gebrauche), sogar bei ganz vorsichtigem Drehen der Schraube, etwas wackelt. (Auch die Beweglichkeit des Auszugsrohres des Mikroskops kann stören, wie übrigens auch beim Zeichnen, worüber weiter unten noch die Rede sein wird.) Was den zweiten Punkt betrifft, so kann ich nach vielfachen Vergleichungen behaupten, dass man beim Messen und Nachzeichnen von sehr feinen Structuren durch Steigerung der Ocularvergrösserung für die Bequemlichkeit und Sicherheit des Arbeitens mehr gewinnt, als man an Schärfe des Bildes verliert, vorausgesetzt man arbeitet mit Apochromaten von grösster Apertur und mit Compensationsocularen. Bei der Combination des ZEISS'schen apochr. Objectivsystems 2 mm, 1·40 Apertur und des Compensationsoculars 18 und bei einem Niveau des Zeichenbrettes, welches z. B. eine 2500fache Vergrösserung ergiebt, sind die Querstreifen einer Amphipleura pellucida mit dem ABBE-schen Zeichenapparat leicht nachzuziehen und, mit dem Bleistift in der Hand, zu zählen. Noch leichter, allerdings viel umständlicher, ist die Messung an Photogrammen von genau bestimmter Vergrösserung mit dem Schieberzirkel; natürlich ist es gar nicht nothwendig die Aufnahme selbst auszuführen; die Messung kann auf der Visirscheibe von Spiegelglas mit einem aufgelegten Glasmikrometer und mit einer mit Diopter versehenen Stell-Lupe vorgenommen werden. (Die Theilung könnte auch in die untere plane Fläche einer planconvexen Lupe eingeritzt sein. Dann muss man den mikrometrischen Werth dieser Theilung eigens bestimmen.) Für isolirte Elemente von der erwähnten Art ist nur die zeichnerische oder die photographische Messmethode verwerthbar; die erstere genügt für alle Fälle und ist einfach, die letztere ist beschränkter, umständlicher, aber in geeigneten Fällen noch genauer. Alles das erklärt wohl, dass ich vom Ocularschraubenmikrometer beinahe ganz Abstand genommen habe, es sogar für ein ganz überflüssiges Instrument in der Mikrotechnik der thierischen Morphologie halte und, wo es sich um eine rasche Grössenbestimmung, die nicht äusserst genau sein muss, handelt, nur das Ocularglasmikrometer von ZEISS (s. w. u.) verwende. Noch überflüssiger sind natürlich complizirte Instrumente, wie PRAZMOWSKI'S Mikrometermikroskop (s. in der Litteraturliste unter „PRAZMOWSKI'S Mikrometer Mikroscope" im Journ. R. Micr. Soc.) — NACHET [4] verfertigt eine Modification des HAYEM'schen Blutkörperchen-Zählapparates, welche im wesentlichen darin besteht, dass er die quadratische Theilung nicht in den Boden der HAYEM'schen Zelle einritzt, sondern sie (nach der GORING'schen Methode) von unten her in die Ebene, in welcher sich die auf den Boden der Zelle gesunkenen Blutkörperchen befinden, projicirt. — C. K. WEAD [1] benutzt

---

entworfenen Bilde messen, die neueren nur bis zu 4 mm; bei den ersteren entspricht jedem Intervall der Schrauben-Trommeltheilung eine wirkliche Verschiebung des Fadenkreuzes um 2 μ, bei den letzteren um 10 μ, wodurch diese für den gewöhnlichen Gebrauch weit bequemer werden und dabei doch noch eine weit über das praktisch Mögliche hinausgehende Genauigkeit gestatten.

die Correctionsschraube des Objectivs zum Bestimmen der Deckglasdicke. Einfacher und sicherer ist aber hierzu die Benutzung der Mikrometerschraube des Mikroskops mit einem Oelimmersionssystem. WEAD's Vorschlag ist, zum ungefähren Bestimmen von Niveau-Unterschieden überhaupt, nur ein Nothbehelf für den Fall, dass Jemand weder eine Mikrometerschraube mit getheiltem Kopf, noch ein Oelimmersionssystem zu seinem Mikroskop besässe. — W. H. BREWER [1] liess die scheinbare Grösse von vergrösserten Objecten unter dem Mikroskop durch 440 Personen schätzen. Den mit der Camera lucida gemessenen Durchmesser des Gesichtsfeldes von 14 cm schätzte man sehr verschieden gross, von 1 Zoll bis 10 Zoll (ein Beobachter 5 Fuss). Aehnliche Versuche haben seinerzeit schon v. MOHL und HARTING gemacht. — Nach EDER [1] (3. Th. 1886, p. 125) brachte zuerst die Firma ATTOUT und CLAYTON 1882 mit Eosin stark gelbempfindlich gemachte Bromsilber-Gelatineplatten in den Handel, welche sie „isochromatisch" nannten. In der Mikrophotographie sollen solche Platten indessen von H. SCHLEUSSNER und VAN HEURCK zuerst angewandt worden sein (s. bei letzterem [8] p. 242). — Der bei DIPPEL [1] (2. Abth. p. 576-577, Figur 393) als neu erwähnte photographische Apparat von MAX HAUER ist eigentlich der älteste dieser Kategorie, nämlich der von MEYER aus 1844. — F. HILGENDORFF [2]: ein Pantograph für kleinere und halbmikroskopische Gegenstände, deren Konturen bei Beobachtung mit einer 3-4fach vergrössernden Lupe durch ein Diopter nachgezogen werden. Das Fadenkreuz des Diopters befindet sich dicht über der Lupe, welche selbst auf der betreffenden Leiste des Pantographs ruht. Das Object sieht man durch einen Schlitz in dieser Leiste. — G. ALBERTOTTI JUN. [1]: ein Mikrometermikroskop, welches durch Anbringung des HELMHOLTZ'schen Ophthalmometers an dem Mikroskope entsteht. Es ist demnach ein Doppelbildmikrometer, wie das DOLLOND'sche Eirometer (s. p. 322-323), und könnte für Objekte in Bewegung eventuell mit Vortheil benutzt werden. Sonst überflüssig.

1883 HUGO SCHRÖDER's [1] (1883) neue Camera lucida nach dem WOLLASTON-schen Princip ist im Wesentlichen eine umgekehrt aufgesetzte NACHET'sche Camera neuester Construction mit dem Unterschied, dass die entsprechenden Flächen des grösseren und des kleinen, rechtwinkeligen Prismas nicht durch die dünne Goldschichte nach GOVI, sondern durch eine dünne Luftschichte von einander getrennt sind. Das SCHRÖDER'sche Instrument erfordert eine Neigung des Mikroskopes oder der Zeichenfläche unter 45°. Vor den verschiedenen anderen Zeichenapparaten nach dem WOLLASTON'schen Princip hat es gewisse Vortheile, nicht aber vor denen nach dem AMICI'schen Princip; der ABBE-sche ist entschieden besser. — Von den Engländern wurde übrigens am meisten die WOLLASTON'sche Camera gebraucht und allen anderen vorgezogen, so von E. T. DRAPER [1] 1882. Und doch soll DRAPER, wie es im Journ. R. Micr. Soc. (2) vol. 3 (1883) p. 283 heisst, die schönsten mikroskopischen Zeichnungen, die von der damaligen Generation gesehen wurden, hergestellt haben. Wie viel ihm dabei die WOLLASTON'sche Camera genützt hat, geht daraus hervor, dass die Camera nach ihm nur zum Fixiren der wichtigsten Punkte des mikroskopischen Bildes in der Zeichnung dienen kann, und jeder Versuch, Einzelheiten damit in die Zeichnung einzutragen, nur zu Confusion führen würde, weshalb man die Camera möglichst bald bei Seite legen

soll[1]. Dagegen habe ich mit dem ABBE'schen Zeichenapparat ganz andere Erfahrungen gemacht und oft bis auf die feinsten Details alles damit in meine Zeichnungen eingetragen. – BEHRENS [2] empfiehlt p. 90-91 den Zeichenapparat von HOLLE [1] aus 1876, welche ich nur aus seiner Beschreibung kenne. Er ist dem von J. CUNNINGHAM RUSSEL [1] (s. p. 372 des vorl. Werkes) sehr ähnlich, hat also vor diesem die Priorität. HOLLE empfahl die Linien des Bildes mit einem weissen Knochenstift auf mattschwarzem Papier nachzuziehen, welches unten mit Bleistiftschwärze überzogen und auf weisses Papier gelegt ist. Auf letzterem erscheinen also, wie beim Pausiren, die aufgedrückten Linien schwarz. — G. KOHL [1] schreibt über den „neuen Zeichenapparat BOECKER's nach DIPPEL", welcher in Wirklichkeit der ABBE'sche ist. — Endlich beschreibt auch H. JUNG [1] einen „Embryographen", nämlich eine alte ZEISS'sche Camera an einer BRÜCKE'schen Lupe mit solidem Stativ und zwei Spiegeln für untere und obere Beleuchtung angebracht. — Ebensowenig eigentlich Neues wie in diesen Zeichenapparaten giebt es in der photographischen Einrichtung WALMSLEY's [1] für Lampenlicht und Bromgelatine-Platten. WALMSLEY hat lauter bekannte, schon von vielen Anderen benutzte Bestandtheile nach dem ROOD'schen Typus allerdings ziemlich zweckmässig combinirt, so dass seine Einrichtung in England und Amerika sehr viel gebraucht und gerühmt wurde. — G. E. DAVIS [2] macht auf den Unterschied zwischen dem photographirten und direct beobachteten mikroskopischen Bilde aufmerksam, welcher dadurch bedingt wird, dass bei gewöhnlicher Beobachtung die totale Tiefe des Bildes eine Summe der Focaltiefe des Objectivs und der Accomodationstiefe des Auges ist (wie dies von ABBE bereits 1880 [5] und später noch in mehreren Schriften nachgewiesen wurde), wogegen die Tiefe des photographischen Bildes nur durch die Focaltiefe des Objectivs erzeugt wird. Da nun die Accomodationstiefe bei Zunahme der Vergrösserung rascher abnimmt als die Focaltiefe (obwohl diese nicht nur mit der zunehmenden Vergrösserung, sondern auch mit der Steigerung der Apertur des Objectivs [s. w. u.] abnimmt), so dass die Accomodationstiefe, welche bei geringer Vergrösserung die Focaltiefe mehrere Male übertrifft, bei stärkerer Vergrösserung bedeutend unter die Focaltiefe sinkt, so ist der Unterschied in der Tiefe zwischen dem direct beobachteten und dem photographirten mikroskopischen Bilde bei starker Vergrösserung weniger gross, als bei einer geringeren. Deshalb wäre die Photographie ganz besonders zur Wiedergabe jener optischen Mikrotomschnitte geeignet, welche uns von dem Objecte starke Objective mit grosser Apertur geben. Leider giebt es aber einen Factor, welcher solche Mikrophotogramme in viel höherem Grade verschlechtert, als das direkt beobachtete mikroskopirte Bild. Das ist die Absorption der Lichtstrahlen durch die

---

1) In einer späteren Notiz versichert D. E. T., wahrscheinlich DRAPER, nochmals, dass der Zeichner eine grosse Erleichterung empfindet, wenn er den Zeichenapparat bei Seite legen kann. Das ist in der That der Fall mit mehreren Zeichenapparaten, und zwar ganz besonders bei der WOLLASTON-schen Camera, aber bei dem ABBE'schen Zeichenapparat keineswegs. Und doch benutzten die Engländer bis in die neueste Zeit beinahe ausschliesslich die WOLLASTON'sche Camera und betonten wiederholt ganz energisch deren Ueberlegenheit über alle anderen.

über und unter der eingestellten Ebene liegenden Bestandtheile des Objectes, welche zwar zur Erzeugung des Bildes infolge der geringen Tiefe des Objectivs nicht beitragen kann, aber doch Unterschiede in der Intensität der Belichtung der empfindlichen Platte herbeiführt, die sich als ausserordentlich störende Flecke im Photogramm offenbaren, während dieselbe Absorption bei der directen Beobachtung kaum bemerkt wird und gar nicht stört. Ganz reine Mikrophotogramme kann man also nur von Objecten bekommen, welche keine dickere Schichte bilden, als die Focaltiefe des angewandten Objectivs; nur in diesem Falle können die im Photogramm sichtbaren Unterschiede von Hell und Dunkel, durch welche das Bild leider allein zusammengesetzt wird, direct auf das mikroskopische Bild bezogen werden. Die Focustiefe beträgt aber bei etwas stärkeren Vergrösserungen und Aperturen blos Bruchtheile des Mikromillimeters. Dadurch werden der Anwendbarkeit der Mikrophotographie zur Darstellung von histologischen Feinheiten Schranken gesetzt, welche die Mikrophotographen lange Zeit nicht anerkennen wollten. Deshalb sind in den meisten histologischen Photogrammen jene feinere Structuren nur mit Mühe, kaum oder gar nicht sicher zu erkennen, für deren Existenz sie als Belege dienen sollten. So giebt sogar die Abbildung des Corti'schen Organs bei Neuhauss [2] (Tafel III), die der Lamina recticularis desselben Organs bei Neuhauss [2a] (Taf. II, Fig. 1), oder die eines Querschnittes der Zungenmuskulatur im Zeiss'schen Specialkatalog über Apparate für Mikrophotographie (s. C. Zeiss [2] 1888, Taf. VIII) nur einen ganz ärmlichen Begriff davon, wie man diese Dinge in dem Mikroskop sieht, obwohl erstere Abbildungen bei einer blos 200fachen, letztere bei einer 120fachen Vergrösserung gemacht wurden. Aus der morphologischen Fachlitteratur könnte ich Dutzende von Beispielen citiren, dass hervorragende Autoren ihre Arbeiten mit gar nicht beweisenden histologischen Photogrammen illustriren, dagegen bis jetzt nur äusserst wenige Arbeiten, in welchen man aus den betreffenden Photogrammen nicht ebensogut auch eine andere Structur herauslesen könnte, als welche der Verfasser beschreibt und illustriren will. Die grossen Erfolge der Bacterienphotogramme haben auf histologischem Gebiete bis jetzt mehr geschadet als genützt. Weil es Robert Koch (s. besonders R. Koch [2] 1881, p. 10-15) den Bacteriologen zur Pflicht gemacht hat, zu photographiren, so glauben auch manche Histologen dies thun zu müssen, sobald sie etwas beweisen wollen; und in ihren Zeichnungen begnügen sie sich mit der Wiedergabe willkürlicher Schemen. Doch werden wir noch Gelegenheit finden, auf diesen Punkt zurückzukommen.

1884 E. Giltay [2] verdanken wir die erste nur gar zu ausführliche Auseinandersetzung der Theorie der Zeichenapparate, indessen keine allgemeine Theorie, sondern eigentlich nur die des Abbe'schen. Neu ist darin die Bestimmung des richtigen Verhältnisses der Beleuchtung des Gesichtsfeldes und des Zeichenfeldes. Im allgemeinen muss das Bild des Zeichenfeldes lichtstärker sein als das Gesichtsfeld, sonst sieht man den zeichnenden Stift über dem freien, von dem mikroskopischen Bild nicht eingenommenen Gesichtsfeld nicht mit der nöthigen Schärfe. Deshalb muss man, wenn man bei schwacher Vergrösserung zeichnet, das Object meist weniger stark beleuchten, als wenn man es für die directe Beobachtung zu thun pflegt. Beim Steigern der Vergrösserung nimmt indessen die Lichtstärke des mikroskopischen Bildes trotz der stärkeren Beleuchtung des Objectes durch Erweitern des beleuchtenden Lichtkegels

dermassen ab, dass die Verminderung der Lichtstärke des Bildes des Zeichenfeldes nöthig werden kann. Sinkt nämlich die Lichtstärke des Gesichtsfeldes unter einen gewissen Bruchtheil der Lichtstärke des Zeichenfeldbildes, so genügt das Hinzutreten des vom Object kommenden Lichtes zu dem vom Zeichenfeld kommenden nicht mehr, um eine wahrnehmbare Verstärkung des durch das letztere verursachten Sinnesreizes herbeizuführen, und das mikroskopische Bild bleibt unsichtbar. Meist sind wir nicht im Stande, die Lichtstärke des Gesichtsfeldes noch zu vergrössern, und deshalb können wir das zur deutlichen Wahrnehmung des mikroskopischen Bildes nothwendige Verhältniss nur durch Verminderung der Lichtstärke des Zeichenfeldbildes erreichen. GILTAY sagt p. 15, die Firma ZEISS habe auf seinen Vorschlag an der ABBE'schen Camera die beiden Rauchgläser von verschiedenem Ton angebracht, welche zwischen dem grossen Spiegel und dem Würfel, nahe an der Seite des letzteren in verticaler Lage einzuschalten sind. Eine spätere, von GILTAY noch nicht erwähnte Verbesserung in dieser Richtung sind die Rauchgläser, welche zwischen dem Würfel und der Augenlinse in horizontaler Lage einzuschalten sind, um bei schwachen Vergrösserungen die Lichtstärke des Gesichtsfeldes vermindern zu können, ohne an dem Charakter der Beleuchtung des Objectes ändern zu müssen (z. B. durch Zuziehen der Irisblende, Senkung des Beleuchtungsapparates, Verlegung der Lichtquelle in eine grössere Entfernung etc.). Allerdings ist dieses auch durch Einschaltung von Rauchgläsern zwischen Lichtquelle und Spiegel oder Spiegel und Condensor beinahe ebenso bequem zu erreichen, weshalb es fraglich erscheint, ob es der Mühe werth ist, den Zeichenapparat durch die Vorrichtung zum Einschalten der Rauchgläser zwischen Würfel und Augenlinse zu compliciren. An dem Zeichenapparate, welchen ich mir bei ZEISS habe machen lassen und seit langer Zeit mit dem besten Resultate benütze, ist sie vermieden. Die zweite Verbesserung, welche von GILTAY herrührt, sind die Brillengläser, welche zwischen dem Würfel, hart an dessen Seite, und dem grossen Spiegel eingesteckt werden sollen. Ihr Zweck ist, das Auge von der Schwierigkeit der Accomodation an die Entfernung des Zeichenfeldes beim Zeichnen und des gleichzeitigen Beobachtens des mikroskopischen Bildes zu befreien. Bei der directen Beobachtung gewöhnt man sich daran, nicht zu accomodiren, d. h. das Auge auf unendlich weit einzustellen; die Brillengläser dienen nun dazu, den Zeichenstift bei solcher Einstellung des Auges deutlich sichtbar zu machen. GILTAY zeigt, wie die Brennweite der zu benutzenden Linse (des Stückes Brillenglas), welche für ein emmetropes und hypermetropes Auge convex und für ein myopisches concav sein soll, praktisch bestimmt werden kann. Ich bin myop und benütze beim Zeichnen mit dem ABBE'schen Apparat ein Brillenglas von der Nummer, welche mir nöthig ist, um Petit-Druck (wie diese Zeilen) aus 50 cm Entfernung ohne Mühe gut lesen zu können. Ein entsprechendes Brillenglas wird wohl auch anderen Myopikern praktisch genügen, da ja ein myopisches Auge im Allgemeinen ohne Schwierigkeit accomodirt. Theoretisch müsste man für jede Tubuslänge (oder Zeichentischhöhe) ein besonderes Glas benützen, und zwar würde der Unterschied der Nummer des für Myopiker nothwendigen Brillenglases in den extremen Fällen, welche beim Zeichnen in der Praxis vorkommen, nach Berechnungen an dem von mir benutzten Apparat nahe an 2 Dioptrien betragen. — Im Gegen-

satz zu GILTAY giebt J. ANTHONY [1] eine kritische, aber etwas kritiklose Übersicht der verschiedenen Zeichenapparate. Von dem ABBE'schen sagt er z. B. p. 700, dass er für stärkere Vergrösserungen und eine grössere Ausdehnung des Zeichenfeldes nicht brauchbar sei. Nach ANTHONY soll beim geneigten Mikroskop für transparente Objecte der Zeichenapparat von SCHRÖDER oder BECK, für opake Objecte der von GUNDLACH, beim horizontalen Mikroskop die WOLLASTON'sche Camera lucida, beim verticalen die NACHET'sche die besten Dienste leisten. Von dem BECK'schen Zeichenapparat, welcher hier auf p. 703, Figur 122 zuerst abgebildet sein soll und etwa so aussieht, wie das alte ZEISS'sche Doppelprisma, ebenso wie von dem GUNDLACH'schen weiss ich nicht, ob sie von den betreffenden Fabrikanten auch erfunden worden und etwas besonderes sind, oder von ihnen blos verfertigt werden; vielleicht haben wir andere, bereits besprochene Apparate unter diesen Bezeichnungen zu verstehen, etwa z. B. wie man unter dem JUNG'schen Mikrotom das von RIVET erfundene und dann von mehreren Anderen verbesserte Instrument zu verstehen hat. — P. FRANCOTTE [3] beschreibt eine überflüssige Modification des BEALE'schen Reflectors und der OBERHÄUSER'schen Camera. — L. DIPPEL [7] empfiehlt ein verstellbares Pult zum Zeichnen mit der Camera. Es ist nicht schlechter und nicht besser, als die meisten später vorgeschlagenen — nur einfacher. — BAUMANN [1]: ein Dickenmesser mit Mikroskop verbunden, welcher in unserer Mikrotechnik höchst selten Verwendung finden dürfte. — Ein ähnliches Instrument ist unter dem Titel „Geneva Co's Microscope Callipers" im Journ. R. Micr. Soc. (2) vol. 4 (1884) p. 796, Fig. 126 beschrieben. — J. D. COX [1], welcher die Structur der Diatomeen-Panzer auf Grund von Photogrammen von zerbrochenen Schalen zu erklären suchte, beliess beim Photographiren ein schwaches Ocular im Tubus und glaubte die richtige Correctur mit der Correctionsschraube des Objectivs allein erreichen zu können. Lampenlicht genügte ihm dabei. — H. VAN HEURCK [6] soll es bereits in diesem Jahre gelungen sein, die Streifen von Amphipleura pellucida in Perlen aufzulösen und diese, bei Benutzung einer elektrischen Glühlampe, zu photographiren. — E. VAN ERMENGEM [2] war wohl der erste, der mikrophotographische Resultate mit den isochromatischen Eosinsilberplatten von CLAYTON und ATTOUT-TAILFER veröffentlichte. H. VAN HEURCK [8] sagt zwar p. 242, wie erwähnt, dass er und SCHLEUSSNER 1884 die ersten gewesen seien, welche die isochromatischen Platten in der Mikrophotographie anwandten; doch kenne ich keine bezügliche Publication dieser Autoren, welche früher als die von VAN ERMENGEM erschienen wäre. — Nachdem SCHUMANN bereits 1883 und H. W. VOGEL ([2] p. 496) 1884 die Wirkung des Eosins als optischen Sensibilisators für rothe und besonders gelbe Strahlen bestätigt hatten und letzterer die sogenannten Azalinplatten (s. auch bei EDER [1] III. Theil, p. 5 und 126) in den Handel gebracht, und besonders die Firma OTTO PERUTZ in München die jetzt sogenannten VOGEL-OBERNETTER'schen Eosinplatten in grossem Massstabe hergestellt hatte, machte namentlich EDER (a. a. O. p. 126-140) ausgedehnte Versuche mit der sensibilisirenden Wirkung von 140 Farbstoffen, unter anderen auch bereits von Erythrosin. Die für mikrophotographische Zwecke beste Herstellungsweise von orthochromatischen Bromgelatineplatten hat indessen 4 Jahre später, wie wir gleich sehen werden, ZETTNOW veröffent-

licht [1]. — Die photographische Camera von MERCER [2] ist wieder die alte GERLACH'sche, nur in etwas leichterer Form. — Ebenso beschreibt H. F. ATWOOD [1] einen Apparat für das horizontale Mikroskop, welcher beinahe sämmtliche Fehler der älteren mikrophotographischen Einrichtungen in sich vereinigt. — S. ALFEROV [1] zählt die Blutkörperchen, anstatt bei Ocularbeobachtung, auf der matten Scheibe einer mit dem Mikroskop verbundenen photographischen Camera.

W. BEHRENS [4] beschreibt 1885 eine von WINKEL eingeführte Neuerung in der Construction der Ocularglasmikrometer. Durch diese Neuerung wird, zur Vermeidung einer vermeintlichen Fehlerquelle, eine nicht unbedeutende wirkliche Fehlerquelle der mikroskopischen Messung geschaffen. Die Augenlinse der besseren Mikrometeroculare war, wie wir wissen, seit lange vertical verschiebbar in einer Hülse angebracht, damit die Mikrometertheilung von verschiedenen Augen gleich deutlich gesehen werden kann. Durch die verschiedene Stellung der Augenlinse wird die Gesammtvergrösserung des Mikroskops natürlicherweise beeinflusst. WINKEL ging von der falschen Voraussetzung aus — und BEHRENS scheint diesen Irrthum bei der Beschreibung des Instrumentes nicht bemerkt zu haben —, dass durch die Veränderung der Gesammtvergrösserung auch der mikrometrische Werth der im Ocular befindlichen Mikrometertheilung immer geändert wird, und deshalb machte er, durch eine Einrichtung wie die Correctionsfassung der Objectivsysteme, die Mikrometertheilung in verticaler Richtung verstellbar, sodass diese der in unveränderter Lage bleibenden Augenlinse zu nähern oder von ihr zu entfernen ist. Bekanntlich wird aber der mikrometrische Werth der im Ocular angebrachten Mikrometertheilung bestimmt durch das Grössen- und Lageverhältniss der Mikrometertheilung zu dem reellen Luftbilde, welches durch das Objectivsystem erzeugt und durch die Collectivlinse des Ocularsystems modificirt wird. Auf dieses Verhältniss ist weder die Vergrösserung noch die Lage der Augenlinse allein von Einfluss; wir betrachten ja das reelle Luftbild und die nach Art eines gewöhnlichen Massstabes darauf gelegte Mikrometertheilung durch die Augenlinse wie durch eine Lupe. Dagegen ändert sich der mikrometrische Werth der Theilung ganz wesentlich, wenn man, wie es die WINKEL'sche Einrichtung bezweckt, die Entfernung des Mikrometers von der Collectivlinse ändert. Davon kann sich jedermann leicht durch einen einfachen Versuch überzeugen. Eine Einheit meines ZEISSschen Compensations-Ocularglasmikrometers bedeutet für das apochromatische Objectivsystem 4, bei 100 mm Tubuslänge und bei der Einstellung der Correctionsschraube auf 20, genau 4 Mikren: 2½ Einheiten erstrecken sich hierbei im mikroskopischen Bilde zwischen 2 Theilstrichen eines in 10 Mikren getheilten Objectglasmikrometers. Wenn ich nun die mit der Theilung versehene Glasscheibe des Ocularmikrometers um etwa 4 mm höher stelle als gewöhnlich, indem ich auf den zwischen Collectivlinse und Augenlinse befindlichen Diaphragmenring eine 4 mm hohe Unterlage und erst auf diese die Glasscheibe mit der Theilung lege, so kommen nur 2 Einheiten

1885

[1]) Die bei PERUTZ käuflichen Platten sind ebenso wie die ZETTNOW'schen mit Erythrosin sensibilisirt, nicht mit Eosin, sodass ihr Name „Eosinsilberplatten" nicht ganz richtig ist.

auf den Zwischenraum von zwei Theilstrichen des Objectmikrometers, also ist der mikrometrische Werth der ersteren von 4 μ auf 5 μ gestiegen. Die Augenlinse allein mag ich heben oder senken, dieses Verhältniss zwischen Object- und Ocularmikrometer ändert sich gar nicht. Die WINKEL'sche Neuerung ist demnach nicht nur überflüssig, sondern geradezu sehr nachtheilig. — Dagegen ist das mikrometrische Verfahren von VORCE [1] wenigstens rationell, wenn es auch nichts principiell Neues bietet. Sehr kleine Intervalle, wie die der Streifen von Amphipleura, und überhaupt feinste Structuren erfordern eine besonders starke Vergrösserung, um leicht und genau gemessen zu werden. Bei Anwendung von Ocularmikrometern ist eine solche nur durch eine übermässige Objectivvergrösserung zu erreichen, und die Objective dazu sind von sehr geringer Arbeitsdistanz, erfordern also auch ganz besonders montirte Präparate. Deshalb projicirt VORCE zunächst das Objectivbild eines Objectmikrometers nach Entfernung des Oculars, aber Einsetzen eines WOODWARD'schen Amplifiers auf einen weissen Schirm, welcher in der der gewünschten (z. B. 5000fachen) Vergrösserung entsprechenden Distanz festgeschraubt wird. Das Bild des Objectmikrometers wird auf dem Schirme nachgezeichnet, eventuell weiter eingetheilt. Der mikrometrische Werth des so gewonnenen Massstabes ändert sich für ein bestimmtes Objectivsystem natürlich nur dann gar nicht, wenn die Entfernung des Schirmes vom Mikroskop nicht einmal durch die Einstellung des letzteren auf verschiedene Objecte geändert wird. Deshalb muss das Object für die feine Einstellung dem Objectiv genähert oder davon entfernt werden können; der Tubus des Mikroskops darf sich dabei nicht bewegen. Zu diesem Zwecke construirte VORCE einen auf den gewöhnlichen beweglichen Objecttisch aufzulegenden zweiten Objecttisch, welcher durch Mikrometerschrauben in der Richtung der optischen Axe bewegt werden kann. — J. MAYALL jun. [2] und [2a] beschreibt die damals im Besitze des Herrn CRISP befindliche Theilmaschine von NOBERT und die wahrscheinliche Art und Weise, wie dieser sie angewandt hat. Die Maschine soll Mängel besitzen, in Folge deren eine ausserordentliche Geschicklichkeit nothwendig gewesen sein muss, um mit ihr doch jene unübertroffenen Resultate zu erzielen. Ebenfalls MAYALL [3] hielt etwas später vor der R. Micr. Soc. einen Vortrag über 10 von NOBERT benutzte Diamanten, die er untersucht hat. — BULLOCH [1] versieht das gewöhnliche Ocularschraubenmikrometer mit einer zweiten, entgegengesetzten Schraube, welche die eigentliche Messvorrichtung, also die feine Schraube, den sonst fixen Faden, die Skala und den beweglichen Faden in einem unteren Schlitten als ein Stück über das Gesichtsfeld verschiebt, damit das zu Messende nicht immer erst in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht werden muss, sondern der fixe Faden auf alle Theile des Gesichtsfeldes eingestellt und die Messung überall bei Stellung der eigentlichen Messschraube auf Null dort vorgenommen werden kann (s. hierzu W. A. ROGERS [3] auf p. 370 d. v. W.). Eine Bequemlichkeit, welche gelegentlich, infolge der Verzerrung des Objectivbildes in den ausseraxialen Zonen des Gesichtsfeldes, mit einer geringeren Genauigkeit der Messung bezahlt werden muss. (Bei MOHL [3] 1865 war das Ocular mit dem „Ocularschieber“ über der Mikroskopröhre aus freier Hand verschiebbar, damit verschiedene Theile der Schraube, stets bei axialer Stellung des Oculars, benutzt werden könnten. S. p. 92.) — C. Ch. MALASSEZ

[10] macht die grössere, nach dem Zeichenfelde blickende Spiegelfläche einer nach dem AMICI'schen oder MILNE EDWARDS-DOYÈRE'schen Typus construirten Camera lucida um eine horizontale Axe drehbar und stellt sie so ein, dass man bei einer Neigung des Mikroskops um 45⁰ auf horizontaler Fläche ohne Verzerrung des Bildes zeichnen kann. (Das Zeichenfeld befindet sich natürlich zwischen dem Fusse des Mikroskops und dem Beobachter.) Dazu müssen nach dem auf p. 378 Mitgetheilten die beiden Spiegelflächen einen Winkel von $22^1/_2{}^0$ mit einander bilden. Deshalb von einer MALASSEZ'schen Camera lucida zu reden, wie es Manche gethan haben, ist ebenso ungerecht, wie z. B. jenes bekannte JUNG'sche Modell des RIVET'schen Mikrotoms ein THOMA-sches Mikrotom zu nennen (s. p. 88 d. v. W.). — ETERNOD, A. [2]: verstellbares Zeichenpult. — PAUL BÖRNER [1] berichtet auch über den 1882-83 in Berlin ausgestellt gewesenen mikrophotographischen Apparat von FRITSCH (Bd. 1, p. 100). Dieser wurde von der Firma SEIBERT & KRAFFT (jetzt W. & H. SEIBERT) in den Handel gebracht und unter ihrem Namen allgemeiner bekannt. Er nimmt, wie schon erwähnt, in der Entwicklungsreihe der grossen mikrophotographischen Apparate, in welcher bis jetzt noch immer die ZEISS'sche Einrichtung (s. w. u.) den Höhepunkt bedeutet, die vorletzte Stufe ein. — Nach meiner Ansicht ebenfalls sehr brauchbar in seiner Art ist der kleine Apparat von HENRI VAN HEURCK [2] (s. auch [3] 1891, p. 147). Noch einfacher, als der ähnliche von MOITESSIER, besteht er aus einer sehr leichten kleinen Camera, welche nach vorne in einen Tubus von Messing übergeht. Der Tubus ist an Stelle des Oculars in den Mikroskoptubus zu stecken und trägt an seinem Ende einen Amplifier nach WOODWARD. Seine Länge ist (hier zunächst für den englischen Tubus) so berechnet, dass das bei einem gewissen Objectivsystem für ein bestimmtes Ocular genau eingestellte mikroskopische Bild nach Vertauschen des Oculars gegen die Camera auch für die empfindliche Platte genau eingestellt bleibt. So kostet die Aufnahme eines mikroskopischen Bildes für sich wirklich nicht viel mehr Zeit und Mühe, als das Wechseln des Oculars, und das Verfahren wäre für die meisten Zwecke des praktischen Mikrographen geradezu ideal zu nennen, wenn die Bilder nicht so sehr klein ausfielen. Die zu verwendenden empfindlichen Platten haben eine Länge von $5^1/_2$ cm auf $4^1/_2$ cm Breite, und die Vergrösserung ist mit einem ZEISS'schen Oelimmersionssystem von $^1/_{12}$" eine 300fache. Deshalb müssen die Negative nachträglich vergrössert werden. NEUHAUSS ([2a] p. 211) hat ganz Recht, dass die nachträgliche Vergrösserung weit mehr Mühe und Kosten verursacht, als in dieser Beziehung durch die kleine Originalaufnahme gegenüber der grossen erspart wird. Man muss aber bedenken, dass der Forscher nur die Aufnahme nothwendig selbst zu machen hat; besser ist es, wenn er das erste Negativ auch selbst entwickelt. Die Herstellung des zweiten vergrösserten Negativs kann er jedem einigermassen geschickten photographischen Techniker überlassen. Uebrigens hat VAN HEURCK [3] später, wie wir sehen werden, einen zweiten sehr einfachen und sehr billigen Apparat angegeben, mit welchem gleich die definitive Vergrösserung im Negativ erreicht wird. — J. D. COX [2] sucht nachzuweisen, dass nicht nur bei schwächerer, sondern auch bei sehr starker Vergrösserung ein gewisser Unterschied in dem optischen und actinischen Focus der Objective existirt, welcher sich in gewissen Fällen dadurch bekundet, dass das bei der feinen Einstellung mit dem Ocular positive Bild

in dem sonst sehr scharfen Photogramm als ein negatives oder umgekehrt zum Vorschein kommt. Also sind feine Structurbestandtheile, welche dem Auge bei einer gewissen Einstellung hell erscheinen (wie z. B. stärker als die Umgebung brechende Körnchen, etwa die den Panzer von Pleurosigma angulatum dergl. zusammenstellenden Quarzkörnchen in Luft eingeschlossen, bei hoher Einstellung, s. Apáthy [10]), im Photogramm (im Positiv) durch dunkle Stellen vertreten (so wie dieselben Körnchen dem Auge bei tiefer Einstellung erscheinen). Bei den Zeiss'schen Apochromaten mit grosser Apertur ist aber nicht einmal dieser Unterschied der Foci (von kaum 1 μ) vorhanden (ausser etwa für an ultravioletten Strahlen besonders reiches Licht).

1886 Das Jahr 1886 ist auch für die Mikrophotographie, wenn auch kein Wendepunkt, so doch sehr bemerkenswerth durch die Einführung der von Abbe berechneten, von der Firma Carl Zeiss aus neuen Jenaer Glassorten construirten apochromatischen Objectivsysteme. Die erste, von den Erfindern allerdings nicht autorisirte (s. W. Behrens [5] p. 394) Beschreibung der neuen Objective erschien (abgesehen von einer Notiz van Heurck's am 15. Febr., s. Dippel [8] p. 304) in der April-Nummer des Journ. R. Micr. Soc. (s. in der Litteraturliste d. v. W. unter „The New Objectives"), wogegen Abbe's [14] erste Mittheilung in der Juli-Sitzung der Med. Naturw. Ges. Jena vorgelegt wurde. Bald darauf beschrieb sie auch Dippel [8], und es erschien auch der betreffende Specialkatalog der Firma Carl Zeiss (s. C. Zeiss [1]) und eine darauf basirte zweite Beschreibung im Journ. R. Micr. Soc. (s. in der Litteraturliste d. v. W. unter „Zeiss's Apochromatic Objectives etc."). Während man bei directer Beobachtung, wenn man einmal mit ihnen gearbeitet hat, die Apochromate kaum mehr entbehren kann, haben sich die Erwartungen, welche die Mikrophotographie an sie knüpfte, gerade auf unserem Gebiete, namentlich in der feineren Histologie, nur wenig erfüllt. Ja, man hat ganz Recht, wenn man anfängt, gegen die ausschliessliche Verwendung der Apochromate in der Mikrophotographie zu protestiren. Einer der empfindlichsten Nachtheile ist die starke Wölbung des Gesichtfeldes, welche nur eine kleine Zone desselben im Photogramm vollkommen scharf erscheinen lässt. — O. Israel [8] ist bestrebt, zarte, ungefärbte Objecte zu photographiren. Er sucht bei seinem Apparate, welcher im Einzelnen kaum etwas Neues bietet, die Stabilität zu erreichen, welche nothwendig ist, um die Expositon eventuell über eine Stunde auszudehnen. Es gelang ihm, nicht nur Mikroorganismen, sondern auch verschiedene Gewebe frisch aufzunehmen. — Piersol [1a] (s. auch [1] 1885) beschäftigt sich mit der bereits oft erörterten Frage nach der für die Photographie besten Färbung des mikroskopischen Präparates. Auch er kommt zu dem Resultate, dass man danach trachten muss, einen möglichst grossen actinischen Contrast zwischen Gesichtsfeld und Object oder zwischen den einzelnen zu differenzirenden Theilen des Objektes zu erzielen. Das Resultat der einschlägigen Betrachtungen überhaupt können wir folgenderweise zusammenfassen. Der grösste Contrast ist natürlich dann erreicht, wenn das freie Gesichtsfeld stark auf die benützte Platte wirkt, die abzubildenden Objecte oder Structurbestandtheile dagegen auf sie wirkungslos sind. Ganz wirkunglos sind sie aber dann, wenn keine Lichtstrahlen durch sie zur empfindlichen Platte gelangen. Dazu müssen sie, falls sie nicht von Haus aus undurchsichtig sind, entweder schwarz gefärbt werden, oder es muss bei einer

anderen Färbung zwischen dem Präparat und der Lichtquelle ein Lichtfilter eingeschaltet werden, welches nur die zu der Färbung complementären Strahlen des Spectrums durchlässt, da letztere wieder von den abzubildenden Dingen nicht durchgelassen werden. In diesem Falle muss aber die empfindliche Platte für die durch das Lichtfilter kommenden Strahlen besonders sensibilisirt werden. Doch kann durch entsprechende Verlängerung der Expositionsdauer ein viel geringerer Contrast hinreichen. Meist genügt derjenige vollkommen, welcher zwischen dem weissen Licht und den dem rothen Ende des Spectrums nahe liegenden Strahlen besteht, also etwa eine braune oder rothe, aber nicht violettrothe, sondern ziegelrothe Färbung ohne Lichtfilter. Es ist nun ein Leichtes, den nöthigen actinischen Contrast zwischen dem Object und dem freien Gesichtsfelde zu erreichen; sogar der geringe Helligkeitsunterschied, welchen das ungefärbte, noch so zarte Object in dem Gesichtsfelde verursacht, mag von der Platte empfunden werden. Die meines Erachtens nie zu überwindende grosse Schwierigkeit für die Mikrophotographie besteht aber, sobald es auf die Darstellung von Structurverhältnissen ankommt und das Object keine ausserordentlich dünne Schichte bildet, darin, dass der nothwendige actinische Contrast innerhalb des Objectes fehlt. Die Lichtstrahlen, welche durch die die abzubildenden Structurbestandtheile von einander trennenden Zwischenräume zur empfindlichen Platte gelangen, gehen vor oder hinter der eingestellten Ebene auch durch Bestandtheile von ähnlicher Färbung oder Helligkeit und verlieren ihren Contrast gegenüber den Strahlen, welche durch die abzubildenden Bestandtheile gegangen sind. Glücklicherweise giebt uns die Methode der färberischen Isolirung und Differenzirung Mittel in die Hand, wenigstens einzelne Bestandtheile, deren Vorhandensein, Lage oder Verlauf wir documentiren wollen, innerhalb der sonstigen Bestandtheile, die im Bilde nicht deutlich erscheinen werden, scharf abzubilden. — Eben aus dem erwähnten Grunde halte ich sämmtliche Versuche, welche successive Aufnahmen von mehreren Ebenen des Objectes auf derselben Platte bezwecken, für aussichtslos. Von solchen berichtet zuerst H. VIALLANES [2] in diesem Jahre in seinem Schriftchen über Mikrophotographie. Ich halte sie sogar entschieden für einen Rückschritt. Abgesehen davon, dass die erste Aufnahme durch die weitere, veränderte Belichtung bei der zweiten verwischt wird, dass das Bild der zweiten eingestellten Ebene schon bei der Aufnahme der ersten in Form von undeutlichen Flecken erschienen ist und die zweite Einstellung in diese Flecken hinein, also falsch zeichnet, abgesehen endlich davon, dass VIALLANES selbst die geringere Deutlichkeit der successiven Aufnahmen eingesteht, so zeigen diese Versuche einen Mangel an Einsicht in die Rolle, welche die Mikrophotographie als wissenschaftliche Methode in unserem Fache allein beanspruchen kann. Sobald es sich um stärkere Vergrösserungen handelt, soll und kann die Mikrophotographie nichts weiter, als optische Mikrotomschnitte fixiren. Wie ich es hier bereits wiederholt betont habe, ist nicht das das grösste Gebrechen der Mikrophotographie, dass sie nur eine Ebene abbildet, sondern dass nicht nur die eingestellte Ebene im Bilde erscheint. Dazu kommt andrerseits, leider besonders bei den Apochromaten, der Umstand, dass nur ein kleiner Theil des stark gewölbten Gesichtsfeldes für die nicht accomodirende photographische Platte

genau eingestellt werden kann. Ganz zu verwerfen ist nichtsdestoweniger bei der Aufnahme von feineren Structurverhältnissen die Methode der Einschränkung der Apertur des Beleuchtungskegels oder des Objectivs, damit die in verschiedenen Ebenen gelegenen Bestandtheile des Präparates im Photogramm erscheinen, weil dadurch noch grössere Fehlerquellen als durch die Wölbung des Gesichtsfeldes eingeführt werden. Man soll im Gegentheil alles aufbieten, um die Einwirkung der nicht genau im Focus befindlichen, sondern blos in Folge der Penetration des Objectivs und der Accomodation des Auges sichtbaren Schichten des Präparates wenigstens auf das Minimum zu reduciren. Will man ein Präparat photographiren, welches wichtige Belege von der erwähnten Natur enthält, so soll man mehrere verschiedene Ebenen desselben aufnehmen, aber ja auf besonderen Platten. Es ist viel leichter, aus solchen photographischen Mikrotomschnitten das natürliche Verhalten zu reconstruiren, als aus dem Gewirr von Licht und Schatten eines Bildes von grösserer Tiefe das Wesentliche herauszufinden und richtig zu deuten. Allerdings ist es ziemlich kostspielig, ein Werk mit solchen nothwendigerweise zahlreicheren photographischen Mikrotomschnitten zu illustriren; wer aber billige Illustrationen will, der soll heutzutage noch keine histologische Präparate zu diesem Zwecke photographiren. — M. Stenglein [2] fing an eine Sammlung von Mikrophotogrammen herauszugeben, welche glücklicherweise nicht über die erste Lieferung gediehen ist. Es sind schlechte Aufnahmen von meist ungeeigneten Präparaten; ein Beweis davon, wie wenig sogar sogenannte Mikrophotographen vom Fach wussten, was und wie sie photographiren sollen. — Van Heurck [7] berichtet über seine neueren photographischen Aufnahmen der Perlen von Amphipleura pellucida mit den Apochromaten von Zeiss. — Der Referent der Zeit. Wiss. Mikr., Neuhauss (Bd. IV, p. 75), will die in van Heurck's Photogrammen sichtbaren Perlen auf Diffractionsphaenomene zurückführen. Zwei Jahre später hat sie in seinem Specialkatalog über Apparate für Mikrophotographie auch Zeiss [2] abgebildet (p. 31 und Taf. X), aber das Photogramm von van Heurck (s. auch in [8], die Tafel zwischen p. 62 u. 63) ist besser. — Die mikrophotographische Einrichtung von Tursini [1] ist das verdunkelte photographische Zimmer von Wenham-Woodward im kleineren Massstabe, ein photographischer Dunkelkasten. — Die auf p. 357 d. v. W. erwähnte Idee von Bourmans [1], das Mikroskop zu gleichzeitiger Beobachtung und photographischer Aufnahme einzurichten, hat Nachet [5] und [5a] in der Weise durchgeführt, dass er sein horizontales photographisches Mikroskop mit einem verticalen und das verticale mit einem schrägen Nebentubus ausstattete. Die Lichtstrahlen gelangen von dem Objecte entweder durch den Haupttubus zur Platte, oder, nach Einschalten eines total reflectirenden Prismas in ihren Weg, durch den Nebentubus in das Auge. Das verticale Mikroskop ist in dieser Weise besonders für Momentaufnahmen von sich bewegenden oder rasch verändernden Objecten eingerichtet. — Francotte, P. [4]: Besprechung des damaligen Standes der Mikrophotographie in ihrer Anwendung auf die thierische Morphologie. Besonders hervorgehoben wird der eben erwähnte grosse Apparat von Nachet und der von Zeiss, auf den wir gleich zurückkommen werden. Francotte macht auf die grossen Vorzüge einer einfachen Petroleumlampe als Lichtquelle für die Mikrophotographie besonders aufmerksam. Nach ihm über-

trifft sie Alles in Allem sämmtliche anderen künstlichen Lichtquellen. Da wir, nach meiner Ansicht, wirklich brauchbare Mikrophotogramme nur bei einer geeigneten isolirenden Färbung des Präparates erhalten können, und eine solche nur bei starker Beleuchtung von weiter Apertur zur Geltung kommt, und dieser Charakter auf der empfindlichen Platte nur bei möglichst kurzer Exposition wiedergegeben werden kann, so glaube ich, im Gegensatz zu FRANCOTTE, dass man in allen Fällen viel intensivere Lichtquellen als eine Petroleumlampe benutzen muss, welche auch viel ausgedehnter sein sollten, als die gegenwärtig gebrauchten. Von diesen sind leider gerade die intensivsten am wenigsten ausgedehnt. Man muss Vorrichtungen treffen, um eine reichlich grosse Fläche ganz gleichmässig und sehr intensiv beleuchten zu können, und diese Fläche als Lichtquelle benutzen. Fünf AUER-sche Gasbrenner unmittelbar nebeneinander in zwei Reihen, die hinteren etwas höher, alternirend angebracht, mit einer matten Scheibe von feinem Korn vor ihnen finde ich für solche Zwecke vielleicht am besten. — S. Th. STEIN [3a]: die zweite Auflage von „Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung“ (Mikrophotographie in Bd. I p. 153-322, Fig. 168-302, Taf. IV-VI). Die beigegebenen neuen Photogramme sind sehr wenig verlockend. — A. PFEIFER's [1] Embryograph ist auch eine für Zeichnung bei schwacher Vergrösserung adaptirte OBERHÄUSER'sche Camera lucida.

Das im Journ. R. Micr. Soc. 1887 beschriebene, in Amerika schon 1883 patentirte Ocularschraubenmikrometer von DARLING [1] bietet blos eine neue Combination von an und für sich alten Einrichtungen. Der Spinnewebfaden ist durch zwei (eventuell mehrere) Metall- oder Glasspitzen ersetzt, die Schraube bewegt sich in einer geschlitzten Schraubenmutter, welche, um das Schlottern der Schraube zu verhindern, mehr oder weniger eng zusammengezogen werden kann. Da eine verhältnissmässig grosse Drehung der Trommel einer sehr kleinen Bewegung der Einstell-Spitzen entspricht, so sind letztere leichter als gewöhnlich mit einer bestimmten Linie in Coïncidenz zu bringen. Für uns hat aber, wie schon wiederholt betont wurde, eine Steigerung der mechanischen Genauigkeit der Messinstrumente keinen reellen Vortheil. — Ein praktisches Hilfsmittel zum Messen und Entwerfen des mikroskopischen Bildes für den, der keinen Zeichenapparat besitzt, dürfte dagegen das Radialmikrometer von H. KLAATSCH sein. Es ist eine nach Art der gewöhnlichen Glasmikrometer in das Ocular einzulegende Glasscheibe, in welche zwei, sich rechtwinkelig kreuzende getheilte Durchmesser eingeritzt sind. Zwei andere, ungetheilte Durchmesser zerlegen die Scheibe in Octanten, und diese werden wieder durch andere Durchmesser weiter getheilt. Auf Papier oder matter Glasplatte gezeichnete Schemata geben die Theilung des Mikrometers wieder, und in diese Schemata ist das mikroskopische Bild auf Grund der durch die Theilung gegebenen Punkte, deren Abstand vom Centrum bei Drehung des Oculars in jeder Richtung abgelesen werden kann, leichter einzutragen. — Die unter dem Titel „Prism for Drawing“ im Journ. R. Micr. Soc. (2) 7. vol. p. 650, Fig. 170 beschriebene Camera lucida ist ein rechtwinkeliges Prisma, welches nicht auf das Ocular gelegt, sondern zwischen dem Objectiv und dem Mikroskoptubus an das untere Ende des letzteren angeschraubt wird. Sie ist nur an Stativen zu verwerthen, bei welchen der Mikroskoptubus nicht wie gewöhnlich nach hinten, sondern nach der

1887

Seite umgelegt werden kann. (Ein solches ist das von WATSON, s. Journ. R. Micr. Soc. (2) 1. vol. 1881, p. 516-518, Fig. 119.) — F. HILGENDORF [3] beschreibt unter dem Namen „Auxanograph" den hier (aus 1882) auf p. 382 bereits erwähnten Mikropantograph für schwache, 1-10fache Vergrösserungen. — Seit 1887 verfertigt die Firma C. ZEISS den ABBE'schen Zeichenapparat besonders auf Anregung von P. MAYER auch mit grösserem Spiegel und längerem Arm zum Tragen des Spiegels, damit man auch bei horizontalem (auf die Mikroskopachse verticalem) Zeichenfelde das ganze Gesichtsfeld zeichnen kann. (Vergl. hierüber Amer. Natural. 21. vol. 1887, p. 1040-1043, 1. Fig. und Journ. R. Micr. Soc. (2) 8. vol. 1888, p. 113.) Zwei Jahre später sind die ersten ABBE'schen Zeichenapparate in den Handel gebracht worden, welche, wenn sie nicht gebraucht werden, vom Mikroskop nicht abgeschraubt werden müssen, sondern nach dem Vorschlage von HEINSIUS [1] (s. w. u.) wie ein Schachteldeckel umgeklappt werden können. Später liess ich mir einen Zeichenapparat von dieser Form durch die ZEISS'sche Werkstätte mit einer Vorrichtung versehen, mit welcher man den Spiegel unter jedem Winkel festschrauben und den Winkel an einem getheilten Kreisquadranten aus Aluminium ablesen kann. Es ist ja von grosser Wichtigkeit, den Winkel, auch falls er nicht 45° ist, genau zu kennen, damit man die Zeichenfläche um doppelt so viele Grade, wie der Spiegel von 45° abweicht, neigen kann, denn nur so erhält man eine verzerrungsfreie Zeichnung (s. p. 378 d. v. W.). Diese Form des ABBE'schen Zeichenapparates benutze ich bis heute und kann sie, mit einigen noch zu erwähnenden weiteren Modificationen, als die allerbeste rühmen. Der umklappbare Apparat ist indessen erst in den Katalog Nr. 29 aus 1891 aufgenommen (in Nr. 28, 1889 ist er noch nicht erwähnt). — P. SCHIEFFERDECKER [4] gedenkt in seinem Referat über die Ausstellung wissenschaftlicher Apparate auf der 60. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wiesbaden des grossen mikrophotographischen Apparates von ZEISS als des vollständigsten unter den ausgestellten (p. 322). Wie wir gleich sehen werden, ist er überhaupt der vollkommenste, welcher bis jetzt construirt wurde. — Dagegen lehnt sich der kurze Leitfaden der Mikrophotographie von R. NEUHAUSS [1] vorwiegend an den Apparat von KLÖNNE und MÜLLER (Berlin) mit 180 cm langem Balgauszug. — H. VAN HEURCK [5] berichtet über die Verwendung seines kleinen, zuerst für den englischen Tubus berechneten kleinen Apparates mit continentalen Mikroskopen. — Unter dem Titel „Photographic Apparatus for the Microscope" befindet sich im Journ. R. Micr. Soc. ((2) 7. vol. 1887, p. 473-488, Fig. 118-145) eine geschichtliche Aufzählung der bekanntesten mikrophotographischen Apparate. — HIS, W. [8]: Einrichtung für Mikrophotographie bei schwachen bis 20fachen Vergrösserungen nach WOODWARD. Doch ist nur ein Theil des photographischen Zimmers in eine Dunkelkammer verwandelt (s. weiter unten W. HIS [7] 1892). Der Projectionsapparat befindet sich ausserhalb der Dunkelkammer; als Aufnahmefläche dient die hintere Wand von dieser, wo das als empfindliche Platte benutzte EASTMAN'sche Bromsilberpapier aufgespannt wird. Das Bild auf dem Bromsilberpapier, von welchem übrigens leicht Positive zu copiren sind, ist natürlich negativ, doch entspricht es den Zwecken einer Uebersicht, z. B. von auf einmal aufgenommenen Schnittreihen, oder für Messungen dergl. auch so schon vollkommen. — P. FRANCOTTE [5] em-

pfiehlt verschiedene Farbbäder, um die photographischen Platten für verschiedene Tinctionen des Präparates zu sensibilisiren. — C. ERRERA [1] macht den unmöglichen Vorschlag, den in Wiesbaden 1887 ausgestellt gewesenen Apparat von OTTOMAR ANSCHÜTZ, den dieser Schnellseher nannte, zum Photographiren der Bewegungen von mikroskopischen Objecten zu benützen. Ernstlichere Versuche, Mikrophotogramme von sich bewegenden Objecten zu erhalten, hat, wie wir gleich sehen werden, seit 1888 ST. CAPRANICA ([1] und [2]) gemacht. — In der Collection von bacteriologischen Mikrophotogrammen, welche E. CROOKSHANK [1] veröffentlichte, sind besonders die bacterienhaltigen Gewebe sehr mässig und liefern ein Zeugniss mehr dafür, dass histologische Bilder bei der meist üblichen Beschaffenheit der Präparate kein Gegenstand der Mikrophotographie sind. Auch in Betreff der übrigen Aufnahmen sehen wir gegenüber der vor 10 Jahren von R. KOCH [1] gelieferten eher einen Rückschritt. Die Vergrösserungen sind viel stärker, 2500-3000fach, aber die Bilder um so weniger scharf. Uebrigens erblicke ich in den Leistungen der neuesten Zeit auf diesem Gebiete überhaupt keinen wirklichen Fortschritt. Nicht einmal in dem vielgepriesenen Atlas der pathologischen Gewebelehre von KARG und SCHMORL [1] sehe ich einen solchen. Ein scheinbarer Fortschritt wird nur durch die besseren Präparate bedingt. Man photographirt heute nicht mehr so unmögliche Dinge wie früher. Man bekommt aber im Allgemeinen beinahe doch den Eindruck, als ob unsere mikrophotographischen Methoden an und für sich gar nicht mehr verbesserungsfähig wären. Viel mehr als von ihnen selbst hat die Mikrophotographie von der sonstigen Mikrotechnik zu erwarten. — STENGLEIN, M. [1] und BOUSFIELD, E. C. [1]: zwei kleine Anleitungen zur Mikrophotographie. Beim ersteren wird unter anderen alten Dingen das Verfahren von FAYEL aus 1878 (s. p. 370-374 des vorl. Werkes), die Steigerung der Vergrösserung durch eine aplanatische Convexlinse zwischen Ocular und empfindlicher Platte, als neu angeführt (p. 37-39). Das ganze Büchlein ist reich an Irrthümern. Bei BOUSFIELD finden wir eine genaue Erörterung und eine Tabelle der Expositionsdauer für verschiedene Präparate, Beleuchtung und Vergrösserungen. Auch er machte Versuche, mehrere Ebenen des Objectes auf derselben Platte aufzunehmen (s. [1a] 1892, p. 119).

S. CZAPSKI [3] beschreibt 1888 das für das neu in die Reihe der ZEISSschen Oculare eingeführte Compensationsocular 6 bestimmte Glasmikrometer. Die Eintheilung desselben wird als $^1/_1$ Mikron-Theilung bezeichnet, weil die Entfernung der Theilstriche für ein ideales Objectivsystem von 1 mm Aequivalent-Brennweite den mikrometrischen Werth von einem ganzen Mikron hat. Demnach entsprechen die Einheiten des Mikrometers je so vielen Mikren, wie die Brennweite des benutzten apochromatischen Objectivsystems in Millimetern beträgt. Dadurch wird die Messung ausserordentlich bequem und für unsere Zwecke meist hinreichend genau, da die möglichen Differenzen in dem so angegebenen mikrometrischen Werthe der Theilungen bei 160 mm Tubuslänge nur 1-3 Procente für die verschiedenen Objective mit derselben angegebenen Brennweite betragen. Mit einem Objectmikrometer lässt sich übrigens leicht die Tubuslänge bestimmen, bei welcher die Uebereinstimmung genau ist. Die Augenlinse des Compensationsoculars ist an einer ausziehbaren Hülse angebracht, damit man die Glasscheibe mit der

1888

Theilung auf den Diaphragmenring in das Ocular legen und auch die Theilung, durch Veränderung der Distanz zwischen Mikrometer und Augenlinse, für das Auge des Beobachters scharf einstellen kann. Eine Einrichtung, deren grosse Wichtigkeit wir schon früher genug betont haben. — Ebenfalls S. CZAPSKI [4] giebt einige sehr praktische Winke für die bekannte Anwendung der Mikrometerschraube des Mikroskops zur Bestimmung der Deckglasdicke an fertigen Präparaten. Dazu bestimme man zunächst die Dicke einiger verschiedener Deckgläser, zum Beispiel mit einem ZEISS'schen Deckglastaster, möglichst genau. Dann stelle man mit dem Mikroskop nach einander ihre obere und untere Fläche ein und notire den Unterschied in der Stellung der Mikrometerschraube. Die in Mikren ausgedrückte wirkliche Dicke durch den notirten Unterschied in der Schraubenstellung dividirt, giebt den Reductionsfactor, mit welchem die mit der Mikrometerschraube erhaltenen Einstellungsdifferenzen eines beliebigen unbekannten Deckglases, also auch an einem fertigen Präparat, multiplicirt werden müssen, um die wirkliche Dicke in Mikren zu ergeben, dasselbe Objectiv, dieselbe Stelle (Mitte) des Gesichtsfeldes, dieselbe Tubuslänge und Beleuchtung (eine genau centrale) vorausgesetzt. Dieser Factor müsste natürlich für sämmtliche Deckgläser, die man auch mit dem Deckglastaster gemessen hat, gleich sein. Ein Unterschied ist durch eine verschieden genaue Einstellung mit der Mikrometerschraube auf die obere und untere Fläche der verschiedenen Deckgläser bedingt. Man benützt den Mittelwerth der erhaltenen Quotienten. Um jedoch die Genauigkeit der Einstellung möglichst zu sichern, benütze man Objective von grösserer Apertur, etwa bis 0·9, welche eine geringe Tiefe besitzen, und suche gleichzeitig mit der eingestellten Ebene eine in der Ocularblende angebrachte Marke (Mikrometer im Ocular, ein Canadabalsamfaden etc.) zu sehen, damit die Accomodation des Auges dabei aus dem Spiele bleibt. Die betreffenden Flächen des Deckglases versehe man durch Bestäuben und dergl. (ich ziehe Striche mit der SCHÖBEL'schen Glastinte) mit den nöthigen Anhaltspunkten zur Einstellung. Viel einfacher ist es indessen nach meiner Ansicht, die Deckglasdicke auch an dem fertigen Präparate mit dem Deckglastaster zu bestimmen: zuerst misst man die Dicke des Objectträgers allein und dann mit dem Präparat und Deckglas zusammen. Der Unterschied entspricht der Dicke des Deckglases und der Schichte zwischen Objectträger und Deckglas. Letztere beträgt aber bei Präparaten, die für stärkere Vergrösserungen bestimmt sind (und nur bei solchen kommt es auf die genauere Kenntniss der Deckglasdicke an), selten mehr als 2 Hundertstel Millimeter, sie kann also vernachlässigt werden. Umso mehr, als auch bei der obigen Methode die Schichte des Einschlussmediums, welche sich zwischen Deckglas und Präparat befindet, mit gemessen wird, da es keinen anderen Anhaltspunkt für die untere Fläche des Deckglases giebt, als das Erscheinen des eingeschlossenen Objectes im mikroskopischen Bilde. Für die notwendige Correction des Objectivs ist aber die Schichte des Einschlussmediums zwischen dem Object und dem Deckglase ebenfalls von Einfluss, nicht nur die Deckglasdicke selbst. — C. FASOLDT [2] behauptet, durch verschiedene Beleuchtung verschiedene Werthe eines mit dem Ocularschraubenmikrometer gemessenen Objectmikrometers erhalten zu haben. Was, wenn auch richtig, praktisch unwichtig ist, da der Unterschied der extremen

Fälle nicht mehr als 0·04% ausmachte. Irgend welche Wichtigkeit könnte für uns nur der Umstand haben, dass die genaue Einstellung des Fadens, überhaupt der Mikrometerlinien auf die Grenzen des zu Messenden bei gewissen Beleuchtungen grössere Schwierigkeiten verursacht (s. auch im Capitel über Beleuchtung). — REINHERTZ [1]: Erörterungen über die Fehlerquellen der Schraubenmikrometer. — DUMAIGE's [1] Camera lucida ist jene Modification der MILNE EDWARDS-DOYÈRE'schen, bei welcher das AMICI'sche durchbohrte Spiegelchen über dem Ocular durch ein Prisma ersetzt ist. An Stelle des kleinen Pupillenprismas, welches sich bei anderen ähnlichen Apparaten in der Axe des Mikroskops befindet, verwendet aber DUMAIGE ein etwas grösseres, welches die Augenlinse zur Hälfte deckt, sodass das mikroskopische Bild mit der halben Pupille direct gesehen wird. Dadurch wird es ebenso schwierig, wie bei der WOLLASTON'schen Camera, die Coïncidenz des mikroskopischen Bildes mit dem Bilde des Zeichenfeldes dauernd zu erhalten. Der Apparat, welcher in einem verschliessbaren Metallgehäuse montirt ist, hat auch zu geringe Dimensionen; der Spiegel ist zu klein und die Entfernung der beiden spiegelnden Flächen von einander ungenügend. Deshalb können diese mit einander nicht parallel sein, oder man müsste die Zeichenfläche ganz an den Mikroskoptubus rücken, und auch so könnte man nur einen Theil des Gesichtsfeldes zeichnen. Sind aber die beiden spiegelnden Flächen nicht parallel, so muss die Zeichenfläche, wie wir wissen, um doppelt so viel geneigt sein, wie der Winkel, den sie mit einander bilden. Die DUMAIGE'sche Camera, welche ohne reelle Vortheile mehrere Nachtheile älterer Constructionen in sich vereinigt, hat also keine Existenzberechtigung. — Dasselbe könnte man, aber nur wegen ihrer Umständlichkeit, die durch gar keine besonderen guten Eigenschaften aufgewogen wird, von der Camera lucida von R. THOMA [3] sagen. Im Wesentlichen eine NOBERT'sche Camera lucida (s. p. 327 d. v. W. in der Anm.) in einem geschwärzten Metallgehäuse, ist sie für Vergrösserungen von 1-10 und Verkleinerungen von 1-1/10fach bestimmt und trägt Vorkehrungen zum Anpassen an die Refractionszustände des Auges des Beobachters. Die Vergrösserung wird bestimmt durch das Verhältniss der Entfernung der Objectebene und der Zeichenebene von den convexen Brillengläsern, welche man einerseits zwischen dem grossen Spiegel und der unter 45° aufgestellten kleinen, durchsichtigen, dünnen Glasplatte und andererseits zwischen der letzteren und dem Objecttische einschaltet. Diese Entfernungen regelt man durch Auf- und Abschieben der Camera und des Objecttisches auf einer gemeinsamen verticalen eingetheilten Stange. Damit nun von beiden Ebenen ein scharfes Bild entstehe, muss für jede Entfernung ein anderes Brillenglas benutzt werden. Für Kurzsichtige muss man ausserdem über der dünnen Glasplatte ein entsprechendes concaves Brillenglas anbringen. In die Camera sieht man durch einen aufgesetzten Diopter hinein; ohne diesen würden besonders bei den stärkeren Vergrösserungen parallaktische Verschiebungen der beiden Bilder entstehen. — ST. CAPRANICA [1] ist bestrebt, Serien von Momentaufnahmen von sich bewegenden mikroskopischen Objecten zur Analyse dieser Bewegung zu machen, wie sie makroskopisch bereits von MAREY, MUYBRIDGE etc. durchgeführt und in neuerer Zeit durch den Kinematographen popularisirt wurden. Ein Uhrwerk setzt entweder eine rotirende Scheibe mit den empfindlichen Platten oder eine Rolle mit

einem langen Streifen von lichtempfindlichem Negativpapier in Bewegung. In bestimmten Intervallen wird die Aufnahmefläche vor dem Mikroskope zum Stillstand gebracht, die Lichtstrahlen durch den STIRN'schen Momentverschluss zugelassen und so in einer Secunde 4 Aufnahmen gemacht, während man die Bewegungen des Objectes durch einen Seitentubus des Mikroskops nach NACHET direct beobachtet. Wie die Aufnahmen von CAPRANICA aussehen, weiss ich nicht; auch von Anderen habe ich keine Urtheile über sie gelesen. Doch glaube ich nicht, dass in dieser Richtung viel zu erreichen sein wird. Weitere Versuche von Anderen, welche allerdings bis jetzt sehr wenig zahlreich sind, scheinen auch nicht besonders gelungen zu sein. Erstlich müssen ja die Bewegungen in einer Ebene erfolgen, da die Focaltiefe der allerschwächsten Objective nur Zehntel Millimeter, die der mittleren nur Mikren und die der starken Zehntel Mikren beträgt. Beschränkt man aber die Bewegungen künstlich auf eine Ebene, so werden sie unnatürlich. Auch CAPRANICA theilt eine Methode zur Aufnahme von verschiedenen Ebenen des Objectes auf derselben Platte mit. Wie gesagt, halte ich diese Bemühungen nicht nur für aussichtslos, sondern, falls sie auch gelingen würden, für nutzlos. Wenn man schon einmal das körperliche Aussehen des Objectes darstellen will, so greife man zur plastischen Reconstruction aus Photogrammen der einzelnen Ebenen, welche man etwa nach der Methode von W. HIS [7] 1892 p. 19-21 (s. auch weiter unten) auf Glasplatten übertragen hat. — CARL ZEISS [2], Special-Catalog für Mikrophotographie aus 1888, enthält ausser der Beschreibung des grossen Apparates, des vollkommensten und vollständigsten, auch eine genaue Schilderung des damit zu befolgenden Verfahrens von Dr. RODERICH ZEISS, dessen Methoden sich im Wesentlichen an die von R. KOCH, G. FRITSCH und PLAGGE anlehnen. So gestaltet sich dieser Catalog vielleicht zu dem besten kurzen Leitfaden der Mikrophotographie, den wir besitzen. Die vollkommene Trennung der zwei Haupttheile des mikrophotographischen Apparates ist bei dem ZEISS'schen zuerst durchgeführt. Das Mikroskop mit der optischen Bank und die Camera von 1½ m Gesammtlänge sind auf besonderen Stativen montirt. Die Camera besteht aus zwei Hälften, die eine (die Mikroskop-Hälfte) lässt sich aufklappen und sowohl in senkrechter, als auch in jeder schiefen Stellung fixiren, damit man auch flüssige Objecte aufnehmen kann, die einen horizontalen Objecttisch erfordern. Doch konnte in dieser Weise eine genügende Stabilität der Camera nicht erreicht werden; später hat ZEISS diese Construction abgeschafft und den Camerabalg nur deshalb in zwei Theile getheilt, damit Aufnahmen mit kurzem Balge bequemer ausgeführt werden können. Die Camera lässt sich auf dem Stativ auf vier kleinen Rädern leicht als Ganzes hin- und herschieben, ohne aus der horizontalen Axenrichtung des Mikroskops herauszutreten, wenn beide Stative centrisch aufgestellt und im Boden befestigt sind. Die lichtdichte Verbindung zwischen Mikroskop und Camera wird in der Weise bewerkstelligt, dass auf den Mikroskoptubus eine geschwärzte doppelte Hülse gesteckt wird, zwischen deren Wände ein am Vorderende der Camera angebrachtes Hülsenstück hineingeschoben wird. So lässt sich die Camera mit dem Mikroskop in einer Secunde arbeitsfähig vereinigen, und ebenso leicht sind sie von einander zu entfernen, sodass man sich bequem zwischen beide hinsetzen und das Präparat direct beobachten

kann. Zur Projection des in seiner gewöhnlichen Lage entstandenen Objectivbildes auf die empfindliche Platte wird besonders das sogenannte Projectionsocular empfohlen, ein nach ABBE's Plan in der ZEISS'schen Werkstatt hergestelltes, speciell für Photographie corrigirtes Linsensystem, so benannt, weil demselben die äussere Form eines Oculars gegeben wurde[1]. Die vordere Linse desselben kann aus- und eingedreht werden, und so wird das Linsensystem für die gewünschte Entfernung der Aufnahmefläche adjustirt. Die richtige Lage liest man an einer Eintheilung der Linsenfassung ab. Hat man das mikroskopische Bild mit einem Compensationsocular genau eingestellt und steckt man an dessen Stelle das für die Entfernung der photographischen Platte adjustirte Projectionsocular ein, so bedarf es nach Heranschieben der Camera an das Mikroskop nur noch einer feinen Einstellung mittels der Mikrometerschraube, damit das mikroskopische Bild in voller Schärfe aufgenommen werden kann. Zur Verlängerung der Mikrometerschraube bis an das hintere Ende der Camera, wo die feinste Einstellung auf einer Spiegelglasplatte mit Stelllupe erfolgt, dient der HOOKE'sche Schlüssel an einer leichten Holzstange, welche man neben der Camera auf eine Stuhllehne dergl. legt. (Am besten dient dazu eine Gabel auf einer eisernen Säule, welche neben dem Camerastativ auf dem Boden steht.) In dieser Weise ist der grosse ZEISS'sche Apparat nicht nur der vollkommenste, sondern auch der bequemste. Wer also — neben der Ueberzeugung, dass sich die Mikrophotographie für seine Zwecke verlohnt — die nöthigen Mittel besitzt und ein gut (nach Süden) gelegenes besonderes Zimmer zur Verfügung hat, kann nichts besseres thun, als sich diesen Apparat anzuschaffen. Er wird dann, besonders wenn er sehr zarte ungefärbte Objecte, die eine lange Exposition benöthigen, aufnehmen will, die beiden Stative der optischen Bank und der Camera auf je einem besonderen Fundament zu befestigen haben, welche, wie im Arbeitszimmer von RODERICH ZEISS (s. CARL ZEISS [2] p. 8), mit den Dielen des Zimmers in keiner Berührung stehen. Falls der ganze Boden fest genug, Erschütterungen nicht ausgesetzt ist, so ist es noch besser, beide Stative mit kleinen massiven Rädern zu versehen und auf gemeinsame Schienen zu stellen, die fest im Boden eingelassen sind. Die Schienen müssen natürlich mit der optischen Axe des ganzen Apparates parallel laufen, und beide Stative müssen auf ihnen in jeder Lage festzuschrauben sein. Wer aber nicht so viel von der Mikrophotographie hält — so zu denken ist nach meiner Ansicht mit Ausnahme der Bakterien- und Diatomeen-Forscher jeder Biologe berechtigt — und doch gelegentlich Aufnahmen machen möchte, der wird durch den zweiten in diesen ZEISS'schen Catalog von 1888 aufgenommenen Apparat kaum sehr befriedigt. Die kleine Camera nach FRANCOTTE (sie könnte ebenso gut nach X oder Y

---

1) Wir erinnern hier wieder an die Versuche von CH. FAYEL [1] 1878 (s. p. 370-371 des vorl. Werkes), welcher das Objectivbild, allerdings ohne das Ocular auszuschalten, mit einer Convexlinse auf die photographische Platte projicirte und die Vergrösserung durch Verlängern der Camera und Verschieben der Linse zwischen dem Ocular und der Platte regulirte. Dieser Verschiebung entspricht das Aus- und Eindrehen der Vorderlinse des Projectionsoculars.

benannt sein, da sie gar keine besondere Eigenart besitzt) ist unbequem und für ihre Leistung nicht einmal billig genug. Sie ist für Horizontalstellung bestimmt. Die 50 cm lange, verkürzbare Camera ist auf demselben Holzbrett wie das Mikroskop in Schlittenführung beweglich. Ich kann es aus eigener Erfahrung behaupten, dass sich diese Holzführung nur zu leicht verbiegt, und dann ist es mit der Centrirbarkeit des Apparates aus. — Während RODERICH ZEISS (p. 33 in C. ZEISS [2]) nur die Nachtheile der Projection mittelst der gewöhnlichen Oculare betont, macht NEUHAUSS [3] darauf aufmerksam, dass auch gewöhnliche Oculare zum Photographiren zu brauchen sind, wenn man die Augenlinse von der Collectivlinse etwas entfernt. Dazu ist es am besten, die Augenlinse an einer ausziehbaren Hülse zu montiren. So waren seinerzeit die AMICI'schen Oculare beschaffen (s. HARTING [1], 1. Bd. p. 143), welche HARTING schon vor langer Zeit zur Mikrophotographie benützte (2. Bd. p. 287). Die Entfernung der beiden Linsen muss, ebenso wie bei den Projectionsocularen von ZEISS, umso grösser sein, je näher die Einstellscheibe dem aufzunehmenden Objecte. Ausserdem muss man, um ganz schleierfreie Bilder zu erzielen, über der Augenlinse eine Blende von etwa 6 Millimeter Durchmesser anbringen. In dem neuesten ZEISS'schen Specialkatalog über Apparate für Mikrophotographie und Projection (3. Ausgabe, 1898) heisst es auf p. 14, dass die stärkeren achromatischen Objective (von DD an) auch aufs beste mit den Compensations-Ocularen verwandt werden können. Die Apochromate, welche zwar sowohl in der Mikrophotographie, als auch in der Projection in erster Linie mit den Projectionsocularen benützt werden sollen, können, zum Erzielen von stärkeren Vergrösserungen, ebenfalls auch mit den stärkeren Compensations-Ocularen gebraucht werden. Stärkere Projectionsoculare würden vor den gewöhnlichen Compensations-Ocularen keine merklichen Vorzüge darbieten. „Empfehlenswerther als kurze Camera mit starkem Ocular bleibt lange Camera mit schwachem Ocular“ — heisst es aber bei NEUHAUSS [2a] p. 61. — P. JESERICH'S [1] Buch über Mikrophotographie will besonders dem Kalklichte Freunde erwerben. Dieses zeichnet sich in der That durch ausserordentliche Intensität und einen Reichthum an gelbgrünen Strahlen aus, mit welchen man in der Mikrophotographie mit sensibilisirten Bromgelatineplatten vorwiegend arbeitet. An kurzwelligen Strahlen ist es, wie schon WENHAM [1] 1858 betonte (s. p. 341 d. v. W.), verhältnissmässig arm. — Als Glühkörper des Hydrooxygenlichtes empfiehlt E. ROUX [1] statt des Kalkcylinders, welcher leicht zusammensintert und theuer ist, ein Magnesiakügelchen, welches man selbst verfertigen kann. — SCHMIDT & HAENSCH [1] treten dagegen für die Zirkon-Glühkörper ein. Von diesen behaupten sie, dass sie dauerhafter und reicher an actinischen Strahlen sind. In Wirklichkeit sind die Zirkon-Brenner sehr theuer, und ihre Leuchtkraft erreicht bei weitem nicht die der Kalkbrenner. Das Zirkonlicht ist nicht viel intensiver, als das AUER'sche Gasglühlicht, sodass es neben dem letzteren ganz unnöthig geworden ist. NEUHAUSS [2a] hat p. 103 vollkommen recht, wenn er es für wünschenswerth erklärt, dass das „Zirkonlicht endlich aus den Laboratorien verschwinden und dafür wieder das alte, wohlerprobte Kalklicht eintreten“, möge, „welches durch den elenden Nebenbuhler ein Jahrzehnt lang beinahe völlig verdrängt war“. — E. ZETTNOW [1] führt eine Methode der Her-

stellung der „Erythrosinbadeplatten“ ein, welche sich allgemein eingebürgert hat. Die nach ihm präparirten Platten besitzen eine grosse Empfindlichkeit für gelbgrünes Licht. Und zwar ist diese Empfindlichkeit bei Petroleumlicht 8-10mal höher für die gelben, als für die blauen Strahlen; bei Sonnenlicht ist sie für beiderlei Strahlen gleich. Deshalb muss ein gelbgrünes Lichtfilter benützt werden. Dazu schlägt er eine Kupfer-Chromlösung vor. Diese lässt concentrirt nur Strahlen von 580-560 Millimikren, verdünnt 590-545 Millimikren Wellenlänge durch. In diesem Lichte erscheinen also die (mit Fuchsin) roth, blau und violett gefärbten Bakterien auf der Einstellscheibe schwarz, sie lassen also keine Lichtstrahlen durch. Natürlich muss die Exposition mit diesem Lichte verhältnissmässig lange dauern, und über eine 400fache Vergrösserung kann man damit nur bei Anwendung von Apochromaten und einem achromatischen Condensor gehen.

Eine wesentliche Verbesserung erfuhr 1889 die ABBE'sche Camera durch die erwähnte Modification von H. W. HEINSIUS [1]. Erst diese hat es ermöglicht, eine schwierige Zeichnung unter dem Zeichenapparate bis in ihre Einzelheiten fertig zu machen. Blos durch die Camera gesehen, kann man manches nicht gehörig beurtheilen und oft kann man, besonders wenn man etwas in verschiedenen Ebenen verfolgen muss, so nicht bestimmen, ob man die richtige Einstellung getroffen hat. Von Zeit zu Zeit ist es nothwendig, das mikroskopische Bild direct durch das Ocular zu beobachten und dann das Zeichnen mit der Camera unmittelbar fortzusetzen. Das ist ganz unmöglich, wenn man den Apparat erst jedesmal vom Mikroskoptubus losschrauben muss. Deshalb hat HEINSIUS das Prismengehäuse durch ein Gelenk mit horizontaler Axe mit einem Ringe verbunden, welcher durch die drei Schrauben, die früher in der Fassung des Prisma angebracht waren, auf den Tubus geschraubt wird. So ist das Prismengehäuse einfach nach vorne umzuklappen und wie ein Schachteldeckel wieder genau in die frühere Lage auf das Ocular zurückzulegen. Ich hatte schon (p. 370) erwähnt, dass die neueste, weiter unten zu erörternde Form der ABBE'schen Camera einen Rückschritt gegen die HEINSIUS'sche bedeutet. Diese, wie wir sahen, schon 1878 von MALASSEZ [8] postulirte Befestigung des Zeichenapparates auf dem Mikroskope verhindert eine Verschiebung der Camera beim Ein- und Ausschalten während des Zeichnens bis jetzt am allerbesten. Dass eine Verschiebung, welche gerade, weil sie meist gering ist und unbemerkt bleibt, zu Fehlern in der Zeichnung führen kann, doch nicht vollkommen ausgeschlossen ist, kommt daher, dass sich das Auszugrohr des Mikroskops während des Zeichnens in Folge der Schwere des Apparates gelegentlich etwas senkt und beim Um- oder Zurückklappen nicht selten auch etwas dreht. Wir werden auf diese Fehlerquelle und auf ihre Beseitigung weiter unten noch zurückkommen. Eine praktische Neuerung von HEINSIUS wird von der Firma C. ZEISS leider nicht einmal bei dem umklappbaren Apparat berücksichtigt; nämlich dass das Brillenglas und die Rauchgläser von vorne und nicht von oben in ihre Rahmen einzustecken seien. Die von oben eingesteckten Gläser fallen, sobald sich die Rahmen lockern, aus dem umgeklappten Apparat leicht heraus und man muss sie irgendwie besonders befestigen. — Nur erwähnt sei hier die im Princip mit seiner alten übereinstimmende Camera lucida von G. GOVI [5], da sie von ihrem Autor nur für Aufnahmen von Land-

1889

schaften, Monumenten etc. bestimmt ist. Eventuell könnte sie aber auch beim horizontalen Mikroskop Verwendung finden. — ALFRED KOCH [1] beschreibt ein von R. WINKEL construirtes Ocularschraubenmikrometer, in welchem die von der Schraube bewegte Glasplatte statt eines einfachen Striches eine $\frac{10\text{ mm}}{100}$ Mikrometertheilung trägt, damit man das Instrument gleich auch für raschere Messungen, wie ein Ocularglasmikrometer, benützen kann. — G. LINDAU [1] beschreibt einen auch für Messungen mit dem Mikroskop brauchbaren Messaparat, welchen V. WELLMANN ursprünglich für astronomische Zwecke ersann und SCHMIDT und HÄNSCH ausführte. Er ist gleich dem LEESON'schen Goniometer (s. bei HARTING [1], III. Bd. p. 399-400, Fig. 217-219) auf die Thatsache basirt, dass die Entfernung der beiden Bilder eines Gegenstandes, welchen man durch einen doppelbrechenden Krystall betrachtet, proportional ist mit dem Sinus des Winkels, um den man den Krystall gegen die Lage gedreht hat, in welcher er den Gegenstand einfach zeigt. Auf das Ende des Mikroskoptubus wird vor dem Einstecken des Oculars, welches mit einem Fadenkreuz versehen ist, eine Hülse befestigt, die zwei gegenüberliegende, in Grade getheilte Kreisquadranten trägt. Auf das Ocular kommt eine Kappe, welche genau auf obige Hülse passt und um sie herumgedreht werden kann. Sie besitzt über der Augenlinse eine Öffnung, und hier ist das achromatische Quarzprisma angebracht. Die Kappe ist mit zwei, den getheilten Kreisquadranten entsprechenden Armen verbunden, von welchen der eine mit einem Nonius zum Ablesen des Drehungswinkels, der andere zum Drehen des Prismas dient. Bei der Stellung des Krystalls, bei welcher das Fadenkreuz einfach erscheint, steht der Zeiger auf Null. Die grösste Verschiebung des extraordinären Bildes gegen das ordinäre ist bei einer Drehung des Prismas um 90° erreicht, und man muss den mikrometrischen Werth dieser Entfernung der beiden Bilder für das betreffende Objectiv mit einem Objectmikrometer bestimmen. Fasst man das zu messende Object zwischen den verdoppelten Faden des Kreuzes, so hat man nur den mikrometrischen Werth der maximalen Verschiebung des Kreuzbildes mit dem Sinus des Drehungswinkels (bei welchem die Verschiebung gleich der gesuchten Dimension ist) zu multipliciren, um jene Dimension zu erhalten. Das übrigens auch sonst überflüssige Instrument kann natürlich nur zum Bestimmen von ganz geringen Dimensionen, der Dicke von Membranen, fadenartigen Gebilden u. dergl. benutzt werden. — G. MARKTANNER-TURNERETSCHER [2]: Vorschläge für Momentaufnahmen (s. auch [1] 1890 p. 188-195, Fig. 117-119). — St. CAPRANICA [2]: genaue Beschreibung seiner schon erwähnten Apparate für Momentaufnahmen und für rasch aufeinanderfolgende Aufnahmen von sich bewegenden mikroskopischen Thieren. CAPRANICA macht den Seitentubus des Mikroskops, mit welchem er das Object gleichzeitig beobachtet, so lang, dass das für die Ocularbeobachtung genau eingestellte Bild auch für die empfindliche Platte genau eingestellt ist. Die nöthige Länge des Seitentubus muss natürlich für jede Cameralänge und für die Sehweite jedes Beobachters durch Probiren genau festgestellt werden. — J. PELLETAN [4] rühmt den Apparat für das verticale Mikroskop von BÉZU, HAUSSER & Co. ganz besonders. Wir haben bereits mehrere erwähnt, die einfacher und besser sind. — Im berühmten Traité technique d'histologie von RANVIER [2b] ist von Messvorrichtungen nur das Object- und Ocular-

glasmikrometer (p. 27) und von Zeichenapparaten (p. 28-31) nur die OBERHÄUSER'sche Camera lucida und die MALASSEZ'sche Modification der MILNE-EDWARDS-DOYÈRE'schen erwähnt, letztere besonders empfohlen. Der weit bessere ABBE'sche Zeichenapparat ist gar nicht erwähnt.

1890 J. W. PLAXTON [1] giebt eine einfache Methode an, wie man selbst eine dünne Glasplatte als Camera lucida vor dem Ocular anbringen kann. — C. EMERY [1] nennt „entomometro" eine Combination des Ocularglasmikrometers mit dem oben erwähnten WELLMANN-LINDAU'schen Mikrometer. Ein unvergrössertes Bild wird nämlich durch eine Linse in die Ebene eines Glasmassstabes projicirt und durch eine Lupe betrachtet. Für Messung von kleineren Bruchtheilen des Millimeters wird die Verdoppelung des Bildes der Theilstriche des Massstabes bei Drehung einer Calcitplatte benützt. Das Instrument dient besonders zum Messen der Gliedmassen von Insecten dergl. — GIESENHAGEN's [1] Zeichenpult lässt die Zeichenfläche sowohl in Bezug auf Höhe als auch auf Neigung verstellen, entbehrt aber der nothwendigen Solidität, sobald man nicht nur einige Anhaltspunkte für die später ohne Camera fortzusetzende Zeichnung entwerfen, sondern diese bis auf Einzelheiten unter dem Zeichenapparat ausführen will. Auf diesen Mangel sämmtlicher bisher empfohlener complicirterer Zeichenpulte kommen wir weiter unten noch zurück. — In einem Artikel „Screw Eye-piece Micrometers" im Journ. R. Micr. Soc. (s. Litteraturverz.), in welchem, wohl etwas verspätet, über das MOHL'sche Mikrometer und das ältere ZEISS'sche, so wie es bei DIPPEL [1] p. 639-640, 1882 beschrieben ist, referirt wird, befindet sich auf p. 389 eine Abbildung, Figur 42, eines von MERZ construirten, einfacheren Modells des MOHL'schen Mikrometers. Wir erwähnen sie, weil letzteres selbst, so viel ich weiss, in der Litteratur nirgends abgebildet ist. — THOMAS COMBER's [1] mikrophotographisches Verfahren enthält nichts Neues, ausser dass er einen Heliostaten benützt, welcher dem PRAZMOWSKI'schen ähnlich, aber einfacher ist (s. auch bei VAN HEURCK [3] p. 247-248) und dass er diesen nicht ausserhalb des Fensters, sondern in Armlänge vom Mikroskop aufstellt. Dadurch sind die kleinen Unregelmässigkeiten im Gange des Heliostaten weniger störend, aber die Sonnenstrahlen nur während eines kürzeren Theiles des Tages benutzbar. — Ebensowenig wesentlich Neues enthält ANDREW PRINGLE's [1] Vorrichtung, welche indessen viel gerühmt wurde, also auch hier erwähnt werden muss. (Beschrieben und abgebildet ist sie auch bei VAN HEURCK [3] p. 232, Fig. 183.) — W. H. WALMSLEY's „handy Photomicrographic Camera" kehrt zu einer uralten, man hätte glauben können, längst ad acta gelegten Form des mikrophotographischen Apparates zurück. — R. NEUHAUSS [4] rühmt in seinem Referate über Mikrophotographie auf der Congress-Ausstellung zu Berlin Momentaufnahmen von lebenden Infusorien, welche DUNCKER mit Magnesium-Blitzlicht gemacht hat. Solche wurden übrigens auch vorher, nur vielleicht mit geringerem Erfolg, gemacht. DUNCKER fing die schädlichen ultravioletten Strahlen des an kurzwelligen Strahlen überaus reichen Magnesiumlichtes mit einem Chininfilter ab. — Als Beispiel dafür, dass die geringe Dicke des Schnittes noch nicht genügt, um davon bei starker Vergrösserung irgendwie beweisende Photogramme zu erhalten, führe ich die an und für sich tadellosen Aufnahmen von E. ROHDE [1] Tafel VII an, mit welchen er die filzige Structur des Nervensystems der

Hirudineen illustriren möchte. Sie wurden mit dem besten (ZEISS'schen) Apparat, mit den besten Linsen hergestellt und durch Photogravure (von H. RIFFARTH, jetzt MEISENBACH, RIFFARTH & Co. Berlin) reproducirt, und doch zeigen sie nichts, oder man kann aus ihnen herauslesen, was man gerade will. Jene störende Flecke, welche über- und unterliegenden Elementen entsprechen und die Aufnahmen von vielen anderen so verunstalten, sind durch die grosse Dünne des Schnittes beinahe ganz vermieden, aber es fehlt jede innere Differenzirung des Bildes, weil ROHDE's Präparate gar keine färberische, also actinische Differenzirung der Structurelemente unter einander enthalten. — In diesem Jahre sind zwei ausführlichere Lehrbücher der Mikrophotographie erschienen: die erste Auflage des Lehrbuches von R. NEUHAUSS [2] und das von MARKTANNER-TURNERETSCHER [1]. Ersteres ist kritischer und kürzer, daher im Allgemeinen empfehlenswerther. Letzteres enthält ein Litteraturverzeichniss, welches die ältere Litteratur sehr lückenhaft und ungenau, dagegen die der achtziger Jahre ziemlich vollständig aufzählt. Von den älteren Werken sind gerade die wichtigsten unerwähnt geblieben, und Angaben, die sich in diesen befinden, aus zweiter oder dritter Hand entnommen.

1891 WALTER SENDALL [1] macht auf die Fehlerquelle aufmerksam, welche bei Messungen des mit der WOLLASTON'schen Camera lucida entworfenen mikroskopischen Bildes dadurch entsteht, dass das auf eine horizontale ebene Fläche projicirte Bild verzerrt wird, indem seine Vergrösserung in dem Fusspunkt der von der Kante des WOLLASTON'schen Prismas auf die Mikroskopachse gezogenen Verticalen am geringsten, und je weiter von diesem Punkte umso stärker ist. Ohne Verzerrung erscheint dagegen das projicirte Bild auf einer Kugelfläche, deren Mittelpunkt der Schnittpunkt der Mikroskopachse mit der Prismenkante, und deren Radius die vertikale Entfernung dieses Punktes von der Zeichenfläche, d. h. im allgemeinen die deutliche Sehweite des Zeichners ist. Wird die gesuchte Dimension von dem Fusspunkte dieser Vertikalen genau halbirt, liegt sie, mit anderen Worten, genau in der Mitte des durch die Camera auf die Zeichenfläche projicirten Gesichtsfeldes, so kann man aus der direct auf der ebenen Fläche gemessenen Dimension und aus der Länge jener Verticalen den Werth des entsprechenden Kreisbogens, also die der Vergrösserung entsprechende, unverzerrte Dimension leicht berechnen. Damit er diese Rechnung und die directe Messung umgehen kann, bringt SENDALL auf dem Tubusende des Mikroskops einen Winkelmesser an, mit dem er den Winkel bestimmt, den die von den beiden Endpunkten der gesuchten Dimension zu dem Augenpunkte gezogenen Geraden mit einander bilden. Die Länge des entsprechenden Bogens für die Einheit ist aus jeder Kreisbogentabelle zu ersehen und mit der Entfernung, in welche die Dimension vom Augenpunkte projicirt wurde, der deutlichen Sehweite, als Radius des Bogens zu multipliciren, damit man die unverzerrt vergrösserte Dimension bekomme. Die wirkliche Dimension erhält man aus dieser natürlich erst durch Multiplication mit der für die gegebene Anordnung des Mikroskops und des Messapparates mit einem Objectmikrometer bestimmten mikrometrischen Reductionsziffer. Dieser ganze SENDALL'sche Apparat ist nun überflüssig aus zwei Gründen. Erstens braucht man für Messungen nicht die WOLLASTON'sche Camera zu benützen, da wir eine Reihe moderner

Zeichenapparate, so besonders den ABBE'schen, besitzen, welche das mikroskopische Bild und das Zeichenfeld unverzerrt auf eine Ebene projiciren, wie man sich davon, z. B. beim ABBE'schen, leicht durch einfache Construction überzeugen kann. Zweitens kann man ja, wenn man auch die WOLLASTON'sche Camera benützen will, an welcher die Engländer hartnäckig festzuhalten scheinen, das Bild des Objectmikrometers einfach gleich auf die auf der ebenen Zeichenfläche gezeichnete Dimension projiciren, und da das Bild des Mikrometers in gleichem Sinne verzerrt wird, den wirklichen Werth der gesuchten Dimension doch richtig ablesen. Andrerseits ist die SENDALL-sche Vorrichtung in der Praxis mit Fehlerquellen behaftet, welche die in der Verzerrung des Bildes bestehende in den meisten Fällen überwiegen werden. Der Unterschied zwischen der Tangente, der auf die ebene Fläche projicirten Dimension, und dem Bogen selbst, also der unverzerrten Dimension, ist bei kleineren Winkeln ganz verschwindend. Bei 10°, wo die Dimension schon einen ganz bedeutenden Theil des Gesichtsfeldes einnimmt und bei 25 mm Projectionsweite etwa 44 mm misst, ist der Fehler ein Plus von etwa 0·2 %; und sogar bei 40°, wo die Dimension etwa 182 mm misst, also kaum mehr in das Gesichtsfeld hineingeht, finden wir ein Plus von nur 3·8%. Dem gegenüber verursacht bei dem Verfahren von SENDALL die Schwierigkeit, die Dimension genau symmetrisch in die Mitte des Gesichtsfeldes und die Marke des Winkelzeigers mit den Endpunkten der Dimension genau zur Deckung zu bringen, in der Praxis vielleicht noch grössere Fehler. — W. BERNHARD [1] lässt an dem ABBE'schen Zeichenapparat an Stelle der bisherigen, zuerst von E. GILTAY [2] (s. p. 385 d. v. W.) vorgeschlagenen zwei Rauchgläser zwei drehbare Scheiben mit je vier Rauchglasfenstern von verschiedener Dunkelheit treten. Eine dritte, horizontale drehbare Scheibe mit vier Fenstern bringt er excentrisch unterhalb des Prismenwürfels an; drei Öffnungen in dieser sind mit Rauchgläsern ausgefüllt, die vierte ist leer. Sie dienen zur Abstufung der Helligkeit des Gesichtsfeldes. Und BERNHARD beweist eine nicht sehr grosse Kenntniss der Geschichte der Zeichenapparate durch die Behauptung, dass diese Vorrichtung gänzlich neu sei (p. 294). Auch kann der Zweck, wie auf p. 385 erwähnt, viel einfacher, ohne den Zeichenapparat selbst zu compliciren, und ebensogut dadurch erreicht werden, dass man Rauchglasscheiben in den Beleuchtungsapparat, auf den Träger der Irisblende legt. In die Lage, diese benützen zu müssen, kommt man nur beim Zeichnen mit schwachen Systemen, besonders Ocularen, obwohl es im Allgemeinen vorzuziehen ist, das Zeichenfeld etwas stärker als das Gesichtsfeld beleuchtet zu haben. BERNHARD scheint auch mit der Theorie seines Gegenstandes nicht ganz vertraut zu sein, sonst würde er auf p. 292 kaum Folgendes sagen: „Beide Lichtflächen nun schwächen sich gegenseitig bedeutend ab etc." Weiter, dass man die Lichtintensität beider gleich machen und, da für gewöhnlich die Zeichenfläche die lichtstärkere ist, diese beschatten muss. Offenbar hat er E. GILTAY [2] nicht gelesen. — Dass übrigens auch die Methode, die Rauchgläser an einer Scheibe zwischen Prisma und Spiegel anzubringen, nicht neu war, beweist die Beschreibung des WINKEL'schen Zeichenapparates von H. HENKING [1], der diesen schon seit Jahren benützte. Dieser ist wieder der, wie wir wissen, auch von ABBE benützte MILNE-EDWARDS-DOYÈRE'sche Typus. Neu

ist daran nur die Verschiebbarkeit des Spiegels an dem sehr langen Arm und die Combination, in welcher hier mehrere unvortheilhafte Eigenschaften älterer Apparate vereinigt werden. Er ist wieder um einen verticalen (bei HENKING steht irrthümlich horizontal p. 297) Zapfen drehbar, auf diesem höher und tiefer stellbar. Die Ablenkung der vom Object kommenden Lichtstrahlen durch das Prisma (welches die versilberten Flächen des GOVI-ABBE'schen Würfels vertritt) über dem Ocular wird dadurch verhütet, dass eine planparallele Begrenzung des Prismas an einer kleinen Stelle in der Mikroskopachse hervorgebracht ist, und zwar ist auf die reflectirende Prismenfläche unten ein entsprechend abgeschrägter kleiner Glascylinder (wie bei vielen anderen Apparaten das umgekehrte Pupillenprisma) aufgeklebt. — L. EDINGER [1] ist mit den gebräuchlichen Zeichenapparaten nicht zufrieden, er findet sie sehr ermüdend. Deshalb benutzt er zum Zeichnen bei schwachen und mittleren Vergrösserungen das Skioptikon. Als einfachen und billigen Ersatz für dieses empfiehlt er nun eine Art Laterna magica, welche das Bild des Präparates auf die horizontale Zeichenfläche projicirt. Ein unter 45^0 aufgestellter Spiegel reflectirt das durch eine Sammellinse concentrirte Licht einer Lampe nach unten zunächst auf das Object, und eine Lupe unter dem Objecte erzeugt das vergrösserte umgekehrte reelle Bild desselben auf der untergelegten Zeichenfläche, wo es mit dem Stift nachgezogen werden kann. Ohne Lupe erscheint das Bild des Objectes unvergrössert; die Vergrösserung ist entweder durch Verstellung der Lupe in verticaler Richtung oder Auswechseln derselben gegen eine stärkere von 2- bis 20fach zu variiren. Natürlich darf die Zeichenfläche ausser durch die vom Spiegel reflectirten Strahlen höchstens wenig beleuchtet werden, sonst erscheint das Bild zu blass. Erscheint es aber auch hell genug, so sind die Conturen des Bildes mit dem Zeichenstifte doch nicht immer leicht zu verfolgen, und ich glaube nicht, dass es weniger ermüdend wäre mit dieser Vorrichtung, als mit einer Camera lucida zu zeichnen. Dagegen eignet sie sich, wie auch EDINGER sagt, wohl ganz gut zum Demonstriren von Schnitten bei schwachen Vergrösserungen. — F. GAERTNER [1] nennt den Zeichenapparat Grapho-Prisma statt Camera lucida, sonst sagt er nichts Neues. — R. NEUHAUSS [5] empfiehlt auf Grund von zahlreichen Experimenten für Fälle, wo ein helles, kurz wirkendes Licht bei mikrophotographischen Aufnahmen nöthig ist, p. 183 „das rauchschwache Magnesium-Blitzlicht von GAEDICKE in Verbindung mit ZETTNOW'schem Filter und Erythrosin-Platte." — Die vierte Auflage von H. VAN HEURCK's „Le Microscope" [8] behandelt die Mess- und Zeichenapparate auf p. 87-91 und ihre Anwendung auf p. 211-214 sehr flüchtig, dagegen ziemlich eingehend auf p. 215-248 die Mikrophotographie. Der neue Apparat des Verfassers, beschrieben auf p. 225-228, Fig. 181, ist die Einfachheit selbst und dürfte dem Morphologen, welcher nicht viel Zeit für Mikrophotographie hat, aber gelegentlich doch Aufnahmen selbst bei starken Vergrösserungen zu machen wünscht, am meisten unter allen zusagen. Ein viereckiger Holzkasten von 25 cm Seite und 50 cm Höhe steht auf 4 nach unten divergirenden Füssen so hoch, dass der Tubus des Mikroskops durch ein Loch am Boden des Kastens etwa 5-10 cm in diesen hineinragt. Aus dem Loche hängt ein Ärmel aus schwarzem Tuch heraus, welcher zum vollkommeneren Lichtverschluss auf

den Mikroskoptubus gebunden wird. Die Decke des Kastens bildet der Rahmen mit der Platte zum Einstellen, beziehungsweise zur Aufnahme. Die dem Beobachter zugekehrte Seite ist eine Thür und ganz zu öffnen. Hier kann man den Kopf in den Kasten stecken und bequem in das Mikroskop schauen. Der Kasten ist zwar in der Höhe ausziehbar, damit die Entfernung der Platte vom Mikroskop vergrössert werden kann; das ist indessen gar nicht nöthig, da mit einem Objectiv von 2 mm Brennweite und mit dem Projectionsocular No. 4 auch so eine 1000fache, mit dem Compensationsocular 12 sogar eine 3000-, mit der Nummer 18 eine 4500fache Vergrösserung erreicht wird, was mehr als genügt. Beim feinen Einstellen auf der Spiegelglasscheibe mit der Stelllupe muss man zwar auf einen Schemel steigen, aber man erreicht dabei die Mikrometerschraube noch ganz bequem. Einen solchen Kasten macht einem ein jeder geschickte Schreiner, die Cassetten sind überall fertig zu beziehen, und so stellt man sich einen ganz guten mikrophotographischen Apparat wirklich mit den denkbar geringsten Kosten her. — In der von W. H. Dallinger besorgten und umgearbeiteten, zum Theil ganz neu geschriebenen 7ten Auflage von W. Carpenter's [2] „The Microscope and its revelations" sind die Mess- und Zeichenapparate auf p. 226-238 ziemlich eingehend behandelt. Von den ersteren wird besonders eine von Nelson angegebene Combination des älteren Abbe-Zeiss'schen Ocularschraubenmikrometers mit dem Bulloch'schen (s. p. 388 d. v. W.) besprochen. Nelson verband das Ocularschraubenmikrometer wohl zuerst mit einem auswechselbaren Compensationsocular. Ausserdem brachte er unterhalb des Schraubengehäuses im Tubus auch ein Irisdiaphragma an. Das Instrument steckt er nicht in das Tubusende hinein, sondern schiebt dieses in den weiten Tubus des Mikrometers, welches, wie schon bei Mohl [3], von einem besonderen Ständer getragen wird und den Mikroskoptubus nicht berührt. Unter den Zeichenapparaten verweilt Dallinger bei der Schröder'schen Camera am längsten (s. p. 382 d. v. W.). Die Mikrophotographie ist nur durch einige eingestreute Bemerkungen behandelt; aber zwei interessante Tafeln von Mikrophotogrammen sind dem Buche beigegeben. Figur 7 und 8 der Titeltafel zeigen ein kleines Gefäss mit versilbertem Endothel; die erstere mit einem Objectiv von geringer Apertur (0·2 N. A.), die letztere mit einem von verhältnissmässig grosser Apertur (0·65 N. A. bei 139facher Vergrösserung) aufgenommen. Sie beweisen, wie irrig die allgemeine Annahme ist, man müsse beim Photographiren von histologischen Objecten auf eine grosse „Penetration" oder Tiefe der Linse trachten, weshalb Objective von geringerer Apertur (oder eine Beleuchtung mit Lichtkegel von geringer Apertur) zu wählen seien. Die Aufnahme mit grosser Apertur zeigt die Endothelkonturen sehr schön, die mit geringer sehr schlecht, das ganze Bild ist fleckig und verschwommen. An der Hand dieses Beispiels müssen wir wieder betonen, dass nur optische Mikrotomschnitte, wie sie durch grosse Aperturen des Objectivs und des Beleuchtungskegels erzielt werden, gute histologische Aufnahmen gestatten, und dass man Objecte, welche die Structuren, auf welche es ankommt, bei solcher Beleuchtung nicht deutlich zeigen, in der Regel nicht gut aufnehmen kann.

1892 Friedr. Brauer [1] beschreibt die neue Reichert'sche Camera lucida, welche äusserlich dem Abbe'schen oder vielmehr dem Winkel'schen Apparat ähnelt. In Wirklichkeit ist sie die Camera von Dumaige (s. p. 397 d. v. W.), mit langem Arm für den Spiegel, welcher an dem Arm etwas verschiebbar ist und, da die Spiegelachse mit Schraube und einer in Grade getheilten Trommel versehen ist, in verschiedenen, ablesbaren Winkeln fixirt werden kann. Die Veranlassung zu ihrer Construction war der Umstand, dass Brauer mit auffallendem Lichte schwach beleuchtete Objecte bei geringen Vergrösserungen nicht gut mit dem Abbe'schen Apparat zeichnen konnte, weil „das Licht, ehe es vom Object ins Auge gelangt, seinen Weg durch zwei Prismen" (den Abbe'schen Würfel) „nehmen muss, wodurch natürlich ein Theil der Lichtstrahlen durch Reflexion absorbirt wird." (p. 452.) Wie dies zu verstehen ist, weiss ich nicht, da die vom Object kommenden Lichtstrahlen in dem Abbe'schen Würfel durch ein vollkommen durchsichtiges Medium mit auf die optische Axe verticalen, planparallelen Flächen gehen, wogegen bei dem Reichert'schen Apparat die Hälfte von ihnen abgelenkt wird durch die Prismenkante, welche über dem Ocular die Ocularöffnung halbirt. Zwischen Prisma und Ocular kann man Rauchgläser einschalten, aber nicht zwischen Prisma und Spiegel. — H. G. Piffard [1] sieht einen leichter zu gebrauchenden Ersatz für die Camera lucida in dem gebrochenen Ocular mit totalreflectirendem, rechtwinkeligem Prisma, welches das reelle Bild vom horizontal umgelegten Mikroskop auf die Zeichenfläche projicirt. Diese darf natürlich nur durch das aus dem Mikroskop kommende Licht beleuchtet werden. Die Vorrichtung dürfte für schwache nud mittlere Vergrösserungen etwa dasselbe leisten, wie Edinger's Apparat für Lupenvergrösserungen. Besser als beide und kaum viel umständlicher ist das von Harting (s. p. 351 d. v. W.) vorgeschlagene Zeichnen auf geöltem (oder mit Benzol durchsichtig gemachtem) Papier, welches man auf die matte (oder Spiegelglas-) Scheibe des Harting'schen (oder eines ähnlichen) photographischen Mikroskops legt. — J. W. Goethart [1] schlägt für Objecte, die sonst schwer mit dem Abbe-schen Apparat zu zeichnen sind, mit Fuchsin roth gefärbtes Papier und das Anstreichen der Zeichenstiftspitze mit weisser Farbe vor. Das Papier wird nachher entfärbt. Ich meinerseits habe von diesem Kunstgriff keine Erleichterung erhalten. Ähnliches ist überhaupt nur dann zu empfehlen, wenn man sehr zarte, ungefärbte Dinge, also bei zugezogenem Diaphragma zeichnen muss. Besser ist auch dann das alte Verfahren von Harting (s. p. 351 d. v. W.), ja sogar das von Holle (s. p. 383 d. v. W.). — P. de Vescovi [2] giebt ein einfaches Mittel zum Wiederfinden einer bestimmten Stelle des mikroskopischen Präparates an. Wir erwähnen es hier, weil es, nach einfacher Vorbereitung des Objecttisches, auch während des Zeichnens angewendet werden kann und von Nutzen sein dürfte z. B. in Fällen, wo sich das Präparat zufälligerweise verschiebt oder eine schwierige, lange dauernde Zeichnung unterbrochen und später fortgesetzt, inzwischen das Mikroskop anderswie gebraucht werden soll. Man zieht auf dem unbeweglichen oder fixirbaren Objecttische vier Geraden, welche sich in dem Fusspunkt der optischen Achse auf der Objecttischebene unter 45° kreuzen. Man braucht nur drei Schnittpunkte der Linien mit den Kanten des Objectträgers auf diesem irgendwie, etwa mit der Schöbel'schen Glastinte (s. w. u.), zu bezeichnen, um sofort

wieder dieselbe Stelle genau wie früher einstellen zu können. Dasselbe kann natürlich auch mit den sogenannten Kreuztischen und überhaupt allen Objecttischen erreicht werden, welche eine an Skalen ablesbare Verschiebung durch feine Schrauben in zwei aufeinander verticalen Richtungen zulassen. (Bestimmen der Lagedes Punktes in der Tischebene durch Notiren seiner Coordinaten.) — W. His [7] beschreibt den nun auch für Aufnahmen mit stärkeren Vergrösserungen und electrischem Licht eingerichteten mikrophotographischen Apparat der Leipziger Anatomie (s. bereits p. 394 d. v. W.). Der ursprüngliche und hauptsächliche Zweck der Vorrichtung war, „bei mässigen Vergrösserungen grössere Bilder herzustellen, welche zu präcisen Messungen und Reconstructionen dienen konnten.“ (p. 4.) Dazu erwiesen sich gerade die Apochromate wegen des kleinen und zu sehr gewölbten Gesichtsfeldes als wenig geeignet. Für Vergrösserungen bis zu 25fach benutzt His vorwiegend Aplanate von Steinheil und Hartnack, für solche von 35-350fach Seibert's photographische Objectivsysteme, mit welchen bereits R. Koch [1] seine berühmte Resultate erzielte. Von Systemen mittlerer Vergrösserung fordert His, dass sie jedenfalls auf die Tiefe von 10 μ genügend scharf zeichnen sollen. Seine Aufnahmen dienen ja lediglich für Uebersichts- und Reconstructionszwecke, und da muss der ganze Inhalt des betreffenden Serienschnittes wiedergegeben werden. Von der eigentlich histologischen Beschaffenheit lassen Aufnahmen von solcher Tiefe beinahe nichts erkennen, wie auch Tafel III bei His beweist. Dafür taugen auch die Negativbilder auf Eastman-Papier an und für sich nicht viel. Die Aufnahmen direct auf dem Papier erleichtern aber eine Arbeit, wie die von His hier vorgenommene, ungemein. Als wissenschaftliches Material genügten einfach die ursprünglichen Aufnahmen, und bei Schnittreproductionen waren die negativen Bilder den positiven völlig gleichwerthig. — Einer der neuen mikrophotographischen Apparate von Nachet [6] ist eine Modification des alten Apparates (s. p. 392 d. v. W.) für Momentaufnahmen, der andere, eine riesige Maschine, ist ein umgekehrtes Mikroskop (wie das chemische derselben Werkstätte), dessen Tubus unter spitzem Winkel gebrochen, wieder nach oben gekehrt und zum Einstecken der photographischen Camera eingerichtet ist. So ist eine Entfernung von 1·20 m zwischen Objectiv und Ocular erreicht, und doch kann man während der Einstellung auf der Scheibe bequem die Mikrometerschraube und den Objecttisch direct erreichen. Sonst sehe ich keinen Vortheil des Apparates. — E. C. Bousfield [1a] berichtet in der zweiten Auflage seines Führers in der Mikrophotographie über gelungene Aufnahmen von mehreren Ebenen des Objectes auf derselben Stelle der Platte (p. 119). Den Nutzen von solchen sehe ich nicht einmal bei seinem Objecte, den Diatomeen, ein. — O. Bütschli [1] veröffentlicht 19 Photogramme, welche die wabige Structur (Schaumstructur) von Oelseifenschaum-Tropfen und des Protoplasmas illustriren sollen. Die Collection enthält die Positive selbst, sodass man nicht die Reproduction beschuldigen kann (wie bei W. His [9] 1898, s. w. u.), wenn sie nicht zeigt, was der Photograph unter dem Mikroskop gesehen hat. Auch die Photogramme von Bütschli sind sehr lehrreich, aber in negativem Sinne. Die meisten von ihnen beweisen nur, dass man mit ihnen nichts beweisen kann, dass die Photographie zur Darstellung der feinsten Structurverhältnisse der Organismen, wenigstens in der üblichen Weise und

für die benutzten Präparate, nichts taugt. Aus den Photogrammen IX (Leberzellen), X (Dünndarmepithel), XI und XII (Querschnitt des Ischiadicus) und XIII (Ganglienzelle von Lumbricus) kann man mit demselben Rechte eine Schaumstructur (nach Bütschli), eine Netzstructur (nach Frommann), eine Fibrillenstructur (nach Flemming) oder eine Granulastructur (nach Altmann) herauslesen. Ein gutes Auge und ein unbefangener Sinn hätte die in jenen Präparaten wirklich vorhandene Structur (wohl eine Combination der 4 erwähnten Structuren), soweit es die Diffraction erlaubt, weit besser bei directer Ocularbeobachtung entscheiden können. Auch dann wäre natürlich die Frage noch offen geblieben, inwiefern die Präparatenstructur der natürlichen entspricht. Es ist nicht zu leugnen, dass in Photogramm XIV, im Längsschnitt des Frosch-Ischiadicus, neben der verworrenen längsfibrillären Structur stellenweise auch eine Maschenstructur zu erkennen ist. Glücklicherweise haben aber seither meine Beobachtungen (s. besonders Apáthy [11] 1897) endgültig bewiesen, dass eine Netzstructur des Achsencylinders in Wirklichkeit nicht existirt, eine solche wird nur vorgetäuscht, entweder optisch oder durch die Präparation. Die Bedingung, dass die zu photographirende Schichte sehr dünn sei, war bei Bütschli erfüllt; die Schnitte waren ein bis wenige Mikren dick. Aber es fehlte die innere Differenzirung, und wo sie auch bis zu einem gewissen Grade vorhanden gewesen sein mag, konnte sie im Photogramm nicht zur Geltung kommen infolge der langen Exposition, welche nöthig war, selbst bei directem Sonnenlicht bis zu 20 Sec. betrug und bei Gasbeleuchtung bis zu anderthalb Stunden (Photogramm V) ging, meist aber ³/₄ Stunden dauerte. Sobald die photographirte Lage mehrere Waben dick war, kam die Schaumstructur nicht einmal in den Oelseifenschaumtropfen heraus, obwohl sie ja hier unbedingt vorhanden gewesen ist. Wo sie oder das „falsche Netzbild" auch herausgekommen ist, wie bei Aethalium auf Photogramm XVI, zeigt stellenweise auch das freie Gesichtsfeld dieselbe Structur; viel schöner als im Nerv selbst, wo sie gezeigt werden soll, tritt die Wabenstructur neben dem Nerv auf Photogramm XII hervor. Natürlich arbeitete Bütschli mit Apochromaten von Zeiss (2 mm und 4 mm) und Projectionsocular (No. 4); sehr günstig war auch die Projectionsdistanz von nur 64 cm (vom Objecttisch gerechnet). Allerdings wurden die Negative auf das Doppelte vergrössert.

1893 J. Wiesner [1] beschreibt sein Mikroskop zur Bestimmung der Höhenunterschiede von wachsenden Pflanzenorganen. Das von der Firma C. Reichert ausgeführte Instrument besteht einfach aus einem horizontal gelegten, in einem Schlitten durch Zahn und Trieb verschiebbaren Mikroskop, welches auf dem Oberende einer mit Massstab versehenen Säule befestigt ist, während die Säule durch Zahn und Trieb in einem auf Hufeisenfuss stehenden Metallmantel in verticaler Richtung auf- und abbewegt werden kann. — Das von C. Kaiserling [1] in einer Inauguraldissertation besonders beschriebene mikrometrische Verfahren wurde in einer gemeinsamen Arbeit von C. Kaiserling und R. Germer [1] für Messungen der Grössenveränderungen verwerthet, welche rothe Blutkörperchen von Frosch, Taube, Kaninchen und Mensch und Ovarialeier von Kuh und Kaninchen unter dem Einflusse der gebräuchlichsten Fixirungsmittel erleiden. (S. auch R. Germer [1] für sich.) Die Methode besteht in der Messung des photographischen Glasnegativbildes, welches bei

genau bestimmter Vergrösserung hergestellt wurde, mit einem Glasmassstab unter der Lupe. Die verschiedenen Vorsichtsmassregeln, welche eine grosse Genauigkeit der Messungen sichern, werden ausführlich besprochen. Es wurde stets der Mittelwerth von zahlreichen (mindestens je 75) gemessenen Elementen bestimmt und auch der nach der GAUSS'schen Formel $\left(\sqrt{\frac{\Sigma v^2}{m\,(m-1)}}\right.$, wo m die Anzahl der Einzelmessungen und v die Differenz der einzelnen Messungen gegen das Gesammtmittel bedeutet, (s. p. 87), berechnete mittlere Fehler angegeben. Wie man sieht, hat die Angabe des wahrscheinlichen Fehlers des Mittels hier keinen Sinn, da nicht dasselbe Object, z. B. dasselbe Blutkörperchen, öfters, etwa mindestens 10 Mal gemessen und das Mittel dieser zehnmaligen Messung für dasselbe Blutkörperchen bestimmt wurde; es wird nur der mittlere Werth der Dimensionen verschiedener Objecte derselben Art nach einzelnen (oder vielleicht wenigen) Messungen angeführt. Der unter solchen Umständen gewonnene mittlere Fehler wird verringert durch die grössere Anzahl der gemessenen Objecte, aber in höherem Grade gesteigert durch die beträchtlichen Unterschiede der kleinsten und grössten Objecte von den mittelgrossen, sodass die von KAISERLING und GERMER angeführten mittleren Fehler doch grösser sind, als welche man bei ihrer Methode durch mehrmaliges Messen desselben Objectes bekommt. Dieser ist, wenn man das Bild auf einer Einstellplatte von Spiegelglas mit der Stelllupe misst, noch geringer als bei den Messungen von MOHL ([8] p. 97-99) mit seinem Schraubenmikrometer. Auch kann man diese Messungen des projicirten Bildes weit bequemer ausführen, als es KAISERLING und GERMER thaten. Darin haben sie recht, dass das Messen des Bildes auf der matten Scheibe nur so viel Werth hat, wie das Messen auf einem schlechten Negativ. Aber kein Negativ giebt ein so gutes Bild des Objectes, wie das auf der Spiegelglasplatte mit Lupe zu beobachtende Luftbild. Nun könnte man sehr leicht auf radiären Linien aufgetragene Halbmillimetertheilungen (etwa in solcher Anordnung, wie auf dem Radialmikrometer von H. KLAATSCH [1]) auf eine runde Spiegelglasscheibe photographiren und diese, um die optische Achse des Apparates drehbar, mit der Theilung dem Object zugekehrt, in einem Cassettenrahmen montiren, die Cassette selbst aber durch zwei feine Schrauben in den zwei auf die optische Achse verticalen Richtungen verschiebbar machen. Zweckmäsig wäre alsdann mit einem Ocular einzustellen, in welches ein ebenso angeordnetes, aber in demselben Masse, wie das Luftbild im Augenlinsenfocus gegen das auf die Spiegelglasplatte zu projicirende, verkleinertes Mikrometer eingelegt ist, damit man das Object gleich bei der Einstellung in die richtige Lage bringen kann und die Spiegelglasplatte nur noch wenig zu verstellen braucht. Allerdings wird es noch immer ermüdend sein, eine grosse Anzahl Messungen hintereinander auszuführen, und darin haben Verfasser recht (p. 81), dass man die Messungen auf den Negativen beliebig vornehmen und so die Mühe vertheilen kann. Die Angabe der mittleren Fehler bei KAISERLING und GERMER ist übrigens auch deshalb ein überflüssiges Paradiren mit der grossen Genauigkeit, weil es bei so grossen Dimensionen von Gewebeelementen, wie schon die eines rothen Blutkörperchens, des Menschen (bei Verfassern 7·88 μ nach HAYEM [1] 7·5 μ) sind, auf Hundertstel des Mikrons gar nicht mehr, ja

nicht einmal auf Zehntel sehr an kommt. Besser wäre es, auch die äussersten Grenzen, innerhalb welcher sich die Elemente bei verschiedenen Fixirungen bewegen, anzugeben, sowohl als auch die relative Häufigkeit der grössten, mittleren und kleinsten Formen. Diese ist nämlich bei verschiedenen Fixirungen sehr charakteristisch verschieden. Ausserdem ist auch die Art und Weise, wie KAISERLING und GERMER die Fixirungsmittel einwirken liessen, eine Quelle von viel grösseren Fehlern, doch werden wir hiervon weiter unten im Capitel über Fixirung zu reden haben. — W. BERNHARD's [2] Zeichentisch ist wie der von GIESENHAGEN [1] in Bezug auf Höhe und Neigung zum Mikroskop verstellbar, und, als wichtigster Unterschied von den bisherigen, sind Mikroskop und Zeichentisch fest auf einer Grundplatte mit einander verbunden. Ich kann es aus eigener Erfahrung behaupten, dass dieser complicirte und theuere Tisch bei Weitem nicht die für ein längeres Zeichnen mit der Camera nothwendige Solidität besitzt. Die Verschiebung des Mikroskops und des Zeichentisches gegeneinander lässt sich viel besser dadurch vermeiden, dass man beide in der Weise auf dem Arbeitstisch befestigt, dass sie nicht so leicht zufällig verrückt werden können. — Auch W. BEHRENS [6] bespricht bei der Beschreibung des neuen, mit Zeichenapparat versehenen Mikroskopes für schwache Systeme von WINKEL den Zeichentisch. Auch ihm gefällt der BERNHARD'sche Tisch nicht besonders, hauptsächlich darum nicht, weil er keine Stütze für beide Arme während des Zeichnens bietet. BEHRENS findet es am bequemsten, das Mikroskop in einen 10 cm tiefen Ausschnitt des Arbeitstisches zu versenken und das Zeichenpapier direct auf die Tischplatte zu legen. Zu dieser Methode möchte ich indessen bemerken, dass dadurch die Projectionsweite des mikroskopischen Bildes, also auch die Zeichnung bedeutend grösser wird, als es der normalen Bildweite von 250 mm entspricht. Soll das ganze Gesichtsfeld auf die Tischplatte neben den Objecttisch des Mikroskops projicirt werden, so muss erstens der Arm, welcher den Spiegel des ABBE'schen oder WINKEL'schen Zeichenapparates trägt, sehr lang sein. Bei meinem ABBE'schen Apparate mit 9·5 cm langem Spiegelarm erscheint die linke Grenze des Gesichtsfeldes, wenn der Spiegel unter 45° steht, dicht neben dem Tubus auf dem Objecttisch; soll das ganze Gesichtsfeld neben dem Objecttisch, in der Höhe von diesem liegen, so muss der Arm etwa um den halben Durchmesser des Objecttisches länger sein. Dazu kommt noch, dass, wenn man in der Ebene des Objecttisches zeichnet, die Länge des Objectivs und die Arbeitsdistanz desselben um mehrere Centimeter mit zur Vergrösserung der Projectionsweite beiträgt, da ja die normale Tubuslänge von 160 mm von dort gemessen wird, wo man das Objectiv auf den Tubus schraubt. Bei dieser Anordnung steigt also die Projectionsweite sogar dann bedeutend über 300 mm, wenn man das Mikroskop hart an die rechte Wand des Tischausschnittes schiebt. So kann man aber nur von links an den Spiegel etc. unter dem Objecttisch heran, was auch unbequem ist und feine Bewegungen des Spiegels erschwert, abgesehen davon, dass es bei tiefer Stellung des Mikroskops unterhalb der Tischebene eventuell auch durch die vordere Wand des Einschnittes unmöglich wird, gutes Licht zu bekommen. Soll eine gewisse, geringere Vergrösserung der Zeichnung inne gehalten werden, so greift BEHRENS zu dem Nothbehelf, dass er die Zeichenfläche durch unter-

gelegte Bücher und dergleichen erhöht. Ein Verfahren, welches ich gar nicht billigen kann. Bei meiner weiter unten zu beschreibenden Vorrichtung habe ich diese Nachtheile zu umgehen gesucht. Der Zeichenapparat für das von BEHRENS hier beschriebene Mikroskop ist der von HENKING [1] beschriebene WINKEL'sche. — G. VANGHETTI's [1] Iconografo ist die Vorrichtung, bei welcher HARTING [1] (s. p. 351 d. v. W.) das Mikroskop zum Photographiren und zum Zeichnen des projicirten Bildes auf der Einstellplatte benutzte. — NACHET's [7] Camera lucida für Lupen nähert sich der ABBE'schen, indem sie mit dem GOVI'schen Würfel einen langarmigen Spiegel verbindet. — E. M. NELSON [3] modificirt den EDINGER'schen Zeichenapparat so, dass der Beleuchtungskegel eine grössere Apertur bekommt, alles Licht durch das Objectiv geht, und so eine grössere Helligkeit des Bildes erreicht wird, Complicationen, welche die eigentliche Existenzberechtigung des Apparates, die Einfachheit, vermindern. — O. NIESER [1] macht den EDINGER'schen Zeichenapparat auch für Mikrophotographie geeignet, doch nicht praktisch empfehlenswerth. — OSKAR ZOTH [1] schlägt neben der Kühlung durch Absorption der Wärmestrahlen bei mikrophotographischen Aufnahmen oder Projectionen auch eine directe Kühlung des Präparates durch Wärmeleitung vor. Sein Apparat, der „directe Kühler", besteht aus einer 6·25 mm dicken gefensterten Messingplatte, durch welche unter dem Präparat kaltes Wasser circulirt. Da die Platte auf dem Objecttisch und erst auf der Platte der Objectträger befestigt wird, so leidet die Beleuchtung mit dem gewöhnlichen ABBE'schen Apparat. Deshalb construirte die Firma C. ZEISS auf Anregung von Prof. ROLLETT einen Beleuchtungsapparat mit entsprechend grösserer Brennweite, bei welchem doch eine N. A. von 1·00 zu erreichen war. Erwähnt sei hier die auch von ZOTH p. 153 angeführte Beobachtung von MELLONI ([1] s. w. u.), dass destillirtes Wasser sogar etwas mehr Wärmestrahlen absorbirt als Alaun- oder Salzlösungen überhaupt. Dagegen besitzen Alaunplatten ein grosses Absorptionsvermögen, werden aber bald undurchsichtig. — R. NEUHAUSS [6] stellte die Ueberlegenheit der Petroleumlampe über den ARGAND'schen Gasbrenner für Mikrophotographie durch Versuche fest; das AUER'sche Gasglühlicht fand er aber für den gewöhnlichen Gebrauch am besten. Ebenso gut müssen, nach meiner Ansicht, auch Spiritus-Auerlampen sein, welche ich für sonstige mikroskopische Zwecke der Gas-Auerlampe vollkommen ebenbürtig finde. Es ist wohl einleuchtend, dass die Spiritus-Auerlampen die Gas-Auerlampen nicht nur ersetzen, sondern dass ihre Anwendung gelegentlich vortheilhafter sein dürfte. — E. ZETTNOW [3] gebrauchte mit sehr gutem Erfolg zur Auflösung der Perlen von Amphipleura pellucida zwei hinter einander gestellte Filter, deren eines eine Lösung von Jod in Chloroform, das andere eine Kupfersulfat-Ammoniak-Lösung enthält. Die erstere lässt in passender Concentration nur rothe und violette Strahlen hindurch, die letztere verschluckt die rothen Strahlen so, dass man nur mit violetten Strahlen von der FRAUNHOFER'schen Linie G bis zur Linie H arbeitet. Für Ocularbeobachtung genügt die Helligkeit von diesen nicht. Die beigefügten Aufnahmen der in Perlen aufgelösten Amphipleura-Panzer sind deutlicher und freier von Diffractionslinien als die von VAN HEURCK ([3] Tafel neben p. 63, Fig. 1 u. 2.) — Der Atlas der pathologischen Gewebelehre von C. KARG und G. SCHMORL [1] ist in der That das Beste, was auf diesem Gebiete bis

jetzt geleistet wurde. Ganz tadellos sind die Uebersichtsbilder bei schwachen Vergrösserungen, und diese übertreffen sogar die besten Zeichnungen bei weitem, zumal da gerade solche Zeichnungen, wenn sie nicht halbschematisch sein dürfen, sehr schwierig sind. Auch die Aufnahmen bei mittleren Vergrösserungen können in günstigsten Fällen mit der Zeichnung wetteifern; aber gegenüber den Aufnahmen bei starken Vergrösserungen müssen wir unsere Ansprüche auch hier sehr herabsetzen, obwohl nur das Günstigste so photographirt wurde, nämlich besonders Ausstrichpräparate nach stark differenzirender, mehr isolirender Tinction, und nur einige Schnitte von 5 μ, ja sogar 1-2 μ Dicke. Frische oder ungefärbte Präparate wiederzugeben, haben sich Verfasser gehütet. Wir sehen auch hier nur den weiter oben ausgesprochenen Satz documentirt, dass die gegenwärtigen besten Mikrophotogramme ihre Ueberlegenheit in erster Linie der richtigeren Auswahl des zu Photographirenden und den besseren Präparaten verdanken. KARG und SCHMORL haben sich durch den theoretischen Schluss, welcher O. ISRAEL [3] (p. 504) geleitet hat, nicht irre führen lassen, dass „gute Bromsilberplatten die Möglichkeit bieten, alles auf ihnen hervorzubringen, was man mit dem Mikroskop überhaupt an Lichtdifferenzen sieht“. Die technische Einleitung auf p. IX-XVI lehnt sich lediglich an R. NEUHAUSS [2] an. Die schwachen Apochromate bis incl. 16 mm Brennweite herab haben sich infolge der grossen Wölbung des Gesichtsfeldes als unbrauchbar für die Mikrophotographie erwiesen.

1894 Die von S. CZAPSKI [5] beschriebene Umgestaltung des ABBE'schen Zeichenapparates gehört zu den sehr wenigen Instrumenten, welche der ZEISS'schen Werkstätte nicht geglückt sind. Der neue Apparat hat keine einzige Eigenschaft, welche dem älteren, mit der HEINSIUS'schen Umklappvorrichtung versehenen gegenüber als wahrer Fortschritt gelten könnte; er besitzt aber mehrere, welche, wie schon erwähnt, entschiedene Rückschritte bedeuten. Es bedarf nur ganz geringer Aenderungen in der Ausführung des ABBE-HEINSIUS'schen Apparates[1], um damit allen sechs Forderungen, die CZAPSKI aufzählt, vollkommen genügen zu können. Zunächst ist die ganze Centrirvorrichtung des neuen, übrigens auch des alten Apparates zu verpönen. Ein Zeichenapparat muss so construirt sein, dass er, wenn er auf den Tubus gesteckt ist, eo ipso centrirt ist. Alle ZEISS'schen Oculare passen in alle ZEISS'sche Tuben hinein und brauchen nicht erst centrirt zu werden. Ich sehe nicht ein, warum man das Prismengehäuse nicht auf einer etwas längeren Hülse montiren könnte, welche ebenso genau auf die ZEISS'schen Mikroskopröhren passt, wie die Oculare in dieselben hineinpassen. Dann braucht man keine Centrirschrauben, sondern nur eine Schraube zum Befestigen der Hülse, so wie bei der Hülse des Theilkreises für das PRAZMOWSKI'sche Analysatorprisma. Das Prismengehäuse muss aber mit Charnier mit dieser Hülse verbunden sein, damit man den Apparat nach vorne um-

---

[1]) Ich nehme keinen Anstand, ihn so zu nennen; darf er ein ABBE'scher heissen, so kann man auch von einem HEINSIUS'schen reden; ABBE hat den MILNE EDWARDS-DOYÈRE'schen Apparat um nicht viel mehr geändert, als HEINSIUS den nunmehr ABBE'schen, an welchem auch das, was anders als bei MILNE EDWARDS und DOYÈRE ist, bereits vorher von Anderen versucht wurde.

klappen und wie einen Schachteldeckel wieder zurückklappen kann[1]). Diese HEINSIUS'sche Idee ist unvergleichlich besser, als die Drehbarkeit des Prismengehäuses um einen verticalen Zapfen in dem neuen Apparat. Wenn man das Prisma hier einmal bei Seite geschlagen hat, so kann man es nie wieder genau in dieselbe Stellung wie vorher zurückbringen trotz des Einschnappens des federnden Stiftes (p. 297), und man kann die unterbrochene Zeichnung nicht unmittelbar fortsetzen, mir ist es wenigstens mit diesem Apparat (später wurde er von der ZEISS'schen Werkstätte in dieser Hinsicht etwas verbessert) nie gelungen, das Bild wieder genau auf dieselbe Stelle des Zeichenfeldes zu projiciren, während dies bei der HEINSIUS'schen Einrichtung ganz sicher erfolgt. Arbeitet man mit Compensationsocularen, so ist auch das nicht nöthig, dass man das Prisma höher oder niedriger stellen kann. Die Austrittspupille steht bei allen Compensationsocularen gleich hoch über dem oberen Rande der Fassung; man braucht sie also blos bis zu diesem Rande in den Tubus einzusenken, damit die Austrittspupille mit der Lochöffnung des Würfelchens bei einer gegebenen unveränderlichen Höhe desselben doch stets coincidirt. Der am Mantel der Oculare 8 und 12 hervortretende ungeschickte Ring, welcher sogar im neuesten ZEISS'schen Catalog von 1898 (31. Ausgabe, p. 16) noch gezeichnet ist, lässt diese Oculare nicht ganz in den Tubus einsenken. Beseitigt man einfach den Ring, so kann man auch diese Oculare ohne Weiteres mit dem ABBE-HEINSIUS'schen Apparat benutzen. Wie schon erwähnt, ist dies an den neuesten ZEISS'schen Ocularen bereits geschehen. Damit sich die Ebene des reellen Objectivbildes beim Wechseln des Oculars nicht ändere, dürfen die verschiedenen Oculare nur bis zu einer gewissen verschiedenen Tiefe in den Tubus gesteckt werden. Die neuesten werden nun statt durch den hervorstehenden Ring, durch eine von unten bis an den oberen Rand auf das Ocular zu schiebende, aber leicht zu entfernende Hülse in der bei ungeänderter Tubuslänge nothwendigen Höhe gehalten. Senkt man aber das Ocular nach Entfernen der Hülse ganz in den Tubus, so braucht man diesen blos entsprechend zu verlängern, damit man dieselben optischen Verhältnisse herstellt, welche beim Belassen der Hülse vorhanden sind. Der neue Zeichenapparat gestattet nach CZAPSKI (p. 296) die Anwendung gerade des besten Oculars, der No. 8 nicht mehr; versenkt man ihn aber ganz in den Tubus, so ist er mit dem neuen Apparat nach entsprechendem Senken des Prismengehäuses ebenso gut, wie mit dem alten zu brauchen. Uebrigens sind mit dem alten Apparat auch die HUYGHENS'schen Oculare 2 und 4 ganz gut zu brauchen, eine Verstellung des Prismas in verticaler Richtung ist praktisch auch für diese nicht nothwendig, also überhaupt überflüssig. Die Rähmchen zwischen Würfel und Spiegel, welche, wie wir wissen, nicht ABBÉ (bei CZAPSKI p. 294), sondern GILTAY zuerst vorschlug, genügen vollkommen zum Einlegen der Rauchgläser und des Brillenglases, nur müsste man sie so umändern, dass die Gläser von vorne, nicht von oben, in die Rahmen zu stecken sind, damit sie beim Umklappen des Apparates nicht herausfallen. Die WINKEL'sche Scheibe oder die drehbare Kappe des neuen Apparates mit den Rauchglas-

---

[1]) Vorne will ich in der Mikroskopie das nennen, was der Lichtquelle zugekehrt ist, oder überhaupt der Lichtquelle näher liegt.

fenstern sind überflüssig. Ebenfalls einfacher und besser als die BERNHARD-sche horizontale gefensterte Scheibe des neuen Apparates ist es, auch zur Abstufung der Helligkeit des Gesichtsfeldes Rauchgläser ad hoc in den Träger der Irisblende einzusetzen, dadurch wird der sonstige Charakter der Beleuchtung ebenso wenig geändert. Von der letzten Anforderung, dass das mikroskopische Bild ohne Verzerrung auf der Zeichenfläche erscheinen soll, sagt CZAPSKI (p. 297), dass dieser in dem Apparat eigentlich gar nicht entsprochen ist. „Um ein verzerrungsfreies Bild von nur einigermassen genügender Ausdehnung auf der Tischfläche zu erhalten, würde dem seitlichen, den Spiegel tragenden Arm und diesem Spiegel selbst eine Ausdehnung und damit ein Gewicht zu geben sein, welche mit einem guten Functioniren des Apparates vollständig unverträglich sind. Es wurde daher nach einigen Versuchen in dieser Richtung ganz aufgegeben, der Forderung direct zu genügen". Das verstehe ich nicht recht. Mein alter Apparat projicirt das Gesichtsfeld bei Stellung des Spiegels unter 45 ^{0} scheinbar so, dass der linke Rand desselben dicht neben den Tubus zu liegen kommt. (In Wirklichkeit wird, wie wir wissen, das Zeichenfeld auf das Gesichtsfeld projicirt.) Man braucht also den Zeichentisch blos etwas höher als den Objecttisch, und die Platte des Zeichentisches nach links hervorragend zu machen, damit man die rechte Hälfte des Objecttisches unter die Zeichentischplatte und so das Zeichenpapier hart an den Tubus des Mikroskops schieben kann. Dann erscheint das ganze Gesichtsfeld auf dem Zeichenpapier (es hat mit meinem Apparat, dessen Spiegelarm vom Würfelcentrum gerechnet 9·5 cm lang ist und dessen Spiegel 75×50 mm misst, bei 170 mm Höhe des oberen Tubusrandes über der Zeichenfläche mit apochrom. Objectiv 4 mm und Comp.-Ocular 8 einen Durchmesser von 176 mm). Und in diesem Gesichtsfelde erscheinen die Theilungen eines Objectmikrometers hart am linken Rande ebenso gross, wie am rechten. Eine Verzerrung findet also nicht statt. Stelle ich den Spiegel unter 40 ^{0}, so verschiebt sich das Gesichtsfeld schon um 3 cm nach rechts; der rechte Rand des Gesichtsfeldes zeigt etwa um 9 % stärkere Vergrösserung als der linke; in der mittleren Zone von etwa 10 cm Durchmesser ist die Verzerrung so gering, dass sie in der Praxis meist ganz vernachlässigt werden kann. Also genügt schon der alte Apparat der Anforderung des verzerrungsfreien grossen Bildes vollkommen, man muss nur den von mir, und vor mir schon von vielen Anderen gebrauchten Zeichentisch mit nach links vorragender Platte benützen. (PAUL MAYER hat einen solchen schon vor vielen Jahren, ich glaube, zuerst ausgeführt.) Eine Verstellbarkeit des Tisches in Bezug auf die Neigung ist ganz überflüssig; ebenso überflüssig ist aber auch die Verstellbarkeit in der Höhe. Man mache den Zeichentisch etwas höher und lege das Mikroskop auf verschieden dicke Holzplatten, je nachdem man eine verschiedene Höhe des Ocularrandes über der Zeichenfläche zum Variiren der Vergrösserung ohne Aendern der Tubuslänge wünscht (s. auch weiter unten). — Und am allerwenigsten nothwendig ist die Complication des Tisches, damit er sammt Mikroskop auch gegen den Beobachter zu zu neigen sei. Diese und ähnliche andere „Verbesserungen", welche die Firma C. ZEISS an seinem Zeichentische vorgenommen hat, beschreibt W. BERNHARD [3]. — AUG. KÖHLER [1] beschreibt eine Methode der gleichmässigen, sehr intensiven Beleuchtung eines grossen Gesichtsfeldes

für mikrophotographische Aufnahmen. J. HUNTER [1] reclamirt für sich die Priorität des Verfahrens, welches er schon 1891 beschrieben hat. Die Methode von KÖHLER ist indessen etwas verschieden von der HUNTER'schen; im Wesentlichen ist keine neu. Sie sind auch bei directer Ocularbeobachtung anzuwenden; hier erreicht man aber, wie wir bald sehen werden, mit viel einfacheren Mitteln dasselbe. Bei mikrophotographischen Aufnahmen projicirt man, wie erwähnt, das Bild der Lichtquelle in den meisten Fällen am besten in die Objectebene. Die Vereinigungsstelle der beleuchtenden Lichtstrahlen befindet sich also annähernd in der vorderen Brennebene (s. die Anmerkung zu p. 415) des eingestellten Objectivs. Gerade unsere intensivsten Lichtquellen haben aber eine so geringe Flächenausdehnung, dass ihr Bild ein auch nur etwas grösseres Gesichtsfeld (z. B. etwa das des apochrom. Objectivsystems von 4 mm Brennweite) nicht gleichmässig auszufüllen vermag. Eine ungleichmässige Helligkeit des Gesichtsfeldes ist nun auf der empfindlichen Platte besonders störend, und daher eine Methode, wie die von KÖHLER, sehr erwünscht, da sie keinen erheblichen Lichtverlust, wie es z. B. das Einschalten von matten Scheiben u. dergl. thut, verursacht. Sie besteht im Wesentlichen in einer solchen Stellung der Lichtquelle, des Condensors und des Objectivsystems zu einander, dass das Bild der Lichtquelle nahezu in der hinteren Brennebene des Objectivsystems (im allgemeinen Projectionssystems) entsteht. Das Bild der Lichtquelle entsteht aber dann in der hinteren Brennebene des Objectivs, wenn die Lichtquelle oder ein reelles Bild von ihr in der vorderen Brennebene des Condensorsystems liegt. Dann sendet jeder Punkt der Lichtquelle ein Bündel von parallelen Lichtstrahlen in die Objectebene, und jede Flächeneinheit von dieser wird, innerhalb eines gewissen Kreises, von einem Strahlenkegel getroffen, an dessen Bildung jeder Punkt der Lichtquelle Theil nimmt. Somit wird das Gesichtsfeld gleichmässig beleuchtet, wenn auch die einzelnen leuchtenden Punkte der Lichtquelle eine verschiedene Helligkeit besitzen. Da ein Condensor von grosser Brennweite eine zu geringe Apertur der die einzelnen Flächeneinheiten des Gesichtsfeldes beleuchtenden Strahlenkegel ergeben würde, und andererseits die nothwendige kleine Brennweite des Condensors eine zu grosse Nähe der Lichtquelle zur Folge hätte, so muss man statt der Lichtquelle ein reelles Bild von ihr in die Brennebene des Condensors verlegen. Dazu dient eine Sammellinse, welche in passender Entfernung zwischen der Lichtquelle und dem Condensor aufgestellt wird. Eine auf der dem Condensor zugekehrten Seite der Sammellinse befestigte „Sehfeldblende“ dient zur scharfen Begrenzung und zur Einengung des beleuchteten Theiles der Objectebene auf die Grösse des objectiven Sehfeldes des benutzten Objectivsystems, damit keine störenden Reflexe von der Linsenfassung entstehen. Wird nämlich der Condensor so gestellt, dass die Objectebene ausserhalb seiner hinteren Brennweite liegt, und stellt man andererseits die Sammellinse mit der Blende in die der Objectebene in Bezug auf das Condensorsystem conjugirte Ebene, so entsteht ein Bild der Sehfeldblende in der Objectebene, welches die erleuchtete Fläche scharf begrenzt. Die Ausdehnung dieser Fläche wird durch verschiedene Stellung des Condensors und der Blende beliebig variirt. Die Apertur der beleuchtenden Strahlenkegel regelt man durch die Condensorblende. Je stärker die Vergrösserung und je grösser

dementsprechend die nothwendige Apertur der Beleuchtungskegel, um so kleiner muss die erleuchtete Objectfläche dem geringeren objectiven Sehfelde entsprechend sein; deshalb rückt man in diesem Fall die Sammellinse mit der Blende vom Condensor weiter weg und näher zur Lichtquelle. Dadurch wird das Bild der Lichtquelle grösser und genügt zum Ausfüllen der grösseren Oeffnung der Condensorblende; das Bild der Sehfeldblende wird um so kleiner in die Objectebene projicirt, es genügt aber dennoch zur Beleuchtung des geringeren objectiven Sehfeldes. — LAVDOWSKY, M. [8]: eine verticale photographische Camera mit Holzgestell, deren Zweckmässigkeit mir nicht einleuchten will. — TAVEL [1] bespricht die verschiedenen Farbfilter, welche anzuwenden sind, um bei verschiedener Färbung der aufzunehmenden Gegenstände (namentlich Bacterien) ein schwarzes Bild auf der Einstellplatte zu erhalten, welches sich am besten zur Aufnahme eignet. — R. NEUHAUSS [7] berichtet über einen gelungenen Versuch von mikrophotographischer Aufnahme in natürlichen Farben, allerdings vorläufig nur bei sehr schwacher Vergrösserung.

1895 E. B. WILSON [1] und [1 a] veröffentlicht 1895 eine Reihe von Mikrophotogrammen, welche die feineren cytologischen Vorgänge bei der Befruchtung und Furchung des Seeigel-Eies illustriren. In Anbetracht dessen, dass sie bei einer etwa 1000fachen Vergrösserung gemacht wurden, sind die Aufnahmen zum grössten Theil sehr gut. Neben dem Atlas von KARG und SCHMORL und neben den Aufnahmen von P. FRANCOTTE ([6] und [7]) zeigen sie vielleicht am besten, wie weit die Leistungen der Mikrophotographie bei der gegenwärtig üblichen Technik auf dem Gebiete der feineren Histologie gehen können. Sie beweisen aber auch, was wir wiederholt betont haben, dass bessere Mikrophotogramme in der Zukunft nur noch geeigneteren Präparaten zu verdanken sein werden, wie wir sie schon seit zwei Jahrzehnten viel mehr den Fortschritten der Präparationstechnik als der eigentlichen photographischen Technik verdanken. Sehr lehrreich ist in dieser Beziehung der Vergleich der WILSON'schen Photogramme mit denen, welche 1887 E. VAN BENEDEN und NEYT [1] von verwandten Gegenständen (Eiern von Ascaris megalocephala) herstellten. Letztere nahmen ganze Eier auf, also verhältnissmässig sehr dicke Schichten, in welcher das, worauf es besonders ankam, nicht immer genügend färberisch hervorgehoben war, deshalb bestehen diese, allerdings nicht zahlreichen Bilder aus einem Gewirr von Licht und Schatten, welches die darzustellenden Verhältnisse ganz überfluthet. WILSON hat 3-5 μ dicke, in Balsam montirte Schnitte aufgenommen, welche mit Eisen-Hämatoxylin sehr distinct gefärbt gewesen sind (p. VI). Wenn nun auch seine Aufnahmen durchschnittlich bessere Bilder ergaben, als die von VAN BENEDEN und NEYT, so beweisen die Photogramme doch, dass die Schnitte noch immer nicht genug dünn waren, oder dass diejenigen Structurelemente, auf deren Darstellung es gerade ankam, noch immer nicht ausschliesslich genug gefärbt waren, beziehungsweise dass die actinische Wirksamkeit der sonstigen Bestandtheile des Objectes noch immer nicht genug der des freien Gesichtsfeldes glich. Deshalb überwiegt das Bild der protoplasmatischen Grundstructur in manchen Aufnahmen und verdeckt die eigentlich darzustellenden chromatischen Elemente, Spindelfasern, Strahlungen dergl. Hingegen sind bei VAN BENEDEN und NEYT die Aufnahmen der Eier, deren Färbung am besten ge-

lungen ist und eine isolirte Tinction des Chromatins zeigte, ebenso gut, wie die besten bei WILSON. Auf p. VII berichtet EDWARD LEAMING über die Technik der Aufnahmen, zu welchen eine ZEISS'sche Einrichtung gedient hat. Als Lichtquelle diente eine elektrische Bogenlampe, und eine gleichmässige Beleuchtung des Sehfeldes wurde dadurch erzielt, dass Condensor und Objectiv so gestellt wurden, dass das Bild des leuchtenden Kraters der Kohlenspitze gleichzeitig mit dem des Objectes auf der Einstellscheibe erschien, und dann vor dem Condensor, nahe zu diesem, eine matte Scheibe von feinem Korn in den Weg der Lichtstrahlen eingeschaltet wurde. — VAN HEURCK [8] theilt Versuche über die Brauchbarkeit des Acetylengas-Lichtes für mikrophotographische Aufnahmen mit, nach welchen das neue Licht (s. auch NEUHAUSS [2a] p. 101 u. 103) etwa dem AUER'schen gleich kommt. — 1895 erheben auf einmal wieder mehrere Autoren ihre Stimme gegen den Missbrauch, bei mikroskopischen Zeichnungen blos das benutzte Objectiv und Ocular anzugeben. Alle stimmen darin überein, das die Angabe der Linearvergrösserung unbedingt nothwendig sei. Nicht alle betonen aber, dass man die Linearvergrösserung der thatsächlich gemachten Zeichnung angeben soll, und es nicht genügt, die durch die benutzte Combination für die Ocularbeobachtung erfolgende Vergrösserung bestimmt zu haben, wofür W. VON NATHUSIUS die Benutzung des Ocular- und Objectmikrometers oder die Methode des Doppelsehens empfiehlt. Die wichtigste Methode betont D. CARAZZI [2]: die Bestimmung der Vergrösserung der Zeichnung dadurch, dass man mit der Camera lucida unter denselben Bedingungen wie die Zeichnung das Bild eines Objectmikrometers entwirft. CH. JANET [1] schlägt für den Fall, dass man nicht mit dem Zeichenapparat zeichnen will, das ebenfalls uralte Verfahren vor, ein Ocular mit Quadrirung von einem für das betreffende Objectivsystem bestimmten mikrometrischen Werth und ein für die gewünschte Vergrösserung entsprechend quadrirtes Zeichenpapier zu benutzen. H. BOLSIUS [1] giebt endlich den Rath, neben der Linearvergrösserung auch das benutzte Objectiv und Ocular anzugeben, was übrigens gewissenhafte Forscher seit jeher gethan haben. Streng genommen genügt aber nicht einmal das; man sollte auch die Tubuslänge, ferner die Höhe des oberen Ocularrandes über der Zeichenfläche und auch das angeben, was für einen Zeichenapparat man anwendete. Nur so kann ein Nachuntersucher die Genauigkeit der Zeichnung in jeder Richtung prüfen (natürlich ein ebenso hergestelltes Präparat vorausgesetzt). Praktisch genügt in der Regel die Angabe der effectiven Vergrösserung.

1896

PAULUS SCHIEMENZ [1] beschreibt 1896 die neuen Zeichenoculare von LEITZ. Bei diesen ist wieder eine umgekehrte WOLLASTON'sche Camera lucida in Anwendung gebracht. Sie ist seitlich auf einer Kapsel montirt, oben auf ein gewöhnliches HUYGHENS'sches Ocular aufgeschraubt, also unverrückbar centrirt und eingestellt. LEITZ liefert zwei solche Oculare. Mit dem einen, dem weit bequemeren, kann die horizontale Tischplatte zwischen Mikroskop und Beobachter als Zeichenunterlage benutzt werden, falls das Mikroskop unter 45° geneigt ist. Bei dem anderen, mit dem verticalen Mikroskop zu benutzenden, muss die zur Seite desselben gelegene Zeichenfläche 12° ansteigen. Die Instrumente sind sehr einfach, und ebenso ist auch ihre Anwendung. Leider ist mit ihnen das Zeichnen sehr mühsam und unsicher

aus denselben Gründen, wie mit der WOLLASTON'schen Camera, der alten ZEISS'schen und allen anderen, bei welchen man durch die eine Hälfte der Pupille das mikroskopische Bild und durch die andere das Zeichenfeld zu sehen hat. — OTTO KAISER [1] giebt ein im Prinzip ausserordentlich einfaches Verfahren an zum Nachzeichnen der Konturen von durchsichtigen Präparaten (z. B. Schnitten von Rückenmark dergl.) bei ganz geringen Vergrösserungen. Man sieht einfach durch ein kleines Loch in verticaler Richtung auf das Präparat und durch dieses auf das darunter befindliche Zeichenpapier. Das Präparat selbst sieht man also unvergrössert, man projicirt es aber vergrössert auf das Zeichenpapier, wo man seine Konturen leicht nachziehen kann. Die Vergrösserung hängt ab von dem Verhältniss der Entfernung des Präparates von dem Augenpunkte zu der Entfernung des Zeichenpapiers von dem Augenpunkte. Es resultirt also keine Vergrösserung, wenn das Präparat auf dem Zeichenpapier liegt; sie wird aber um so grösser, je näher man das Präparat bei gleichbleibender Entfernung des Papiers an das Auge rückt. Die Grenze ist erreicht, wenn das Präparat in die geringste Nähe zu dem Auge gekommen ist, bei welcher die Accomodation desselben zum gleichzeitigen deutlichen Sehen des Papiers und des Präparates noch hinreicht. Ich kann zum Beispiel auf diese Weise ganz bequem eine dreifache Vergrösserung erzielen. Eine noch stärkere erhält man, wenn man, da das Auge eine thatsächliche weitere Vergrösserung der Entfernung des Papiers bei gleich bleibender Entfernung des Präparates nicht zulässt, das Zeichenpapier scheinbar weiter entfernt dadurch, dass man zwischen Papier und Präparat irgendwie ein concaves Brillenglas einschaltet (von PAUL MAYER schon 1887 in etwas anderer Form angegeben). Je geringer die Brennweite desselben, um so stärker die Vergrösserung. Man darf indessen nicht vergessen, dass es sich hier um lauter leere Vergrösserungen handelt und man nicht mehr Einzelheiten einzeichnen kann, als man mit blossem Auge sieht. Das Verfahren hat also eine sehr beschränkte Brauchbarkeit, und deshalb ist der Preis der von KAISER dazu empfohlenen Vorrichtung (20 Mark) viel zu hoch, besonders wenn man in Betracht zieht, dass man sich das zu dem Zeichnen nach diesem Princip Nothwendige fast umsonst selbst verschaffen kann. Man braucht nur einige Bücher, welche man aufeinander legt, und drei längliche Stückchen Kartonpapier, welche man in passender Höhe über einander in die Bücher steckt; in das oberste Stückchen bohrt man seitlich das kleine Loch, in das mittlere, welches das Präparat trägt und in das untere, auf welches man das Brillenglas legt, schneidet man entsprechend grosse Fenster, und man hat das ganze Instrumentarium fertig. Es leistet genau dasselbe, wie das von KAISER für 20 Mark empfohlene. — C. U. MAALOË [1] glaubt die Vortheile der Mikrophotographie mit denen der Zeichnung bei wissenschaftlichen Darstellungen in der Weise vereinigen zu können, dass er eine Lichtpause herstellt, auf derselben die Konturen nachzeichnet und dann den photographischen Druck entfernt, so dass nur die Zeichnung übrig bleibt. Die so hergestellte Zeichnung ist aber nach meiner Ansicht kein zwingenderer Beleg, als eine directe Zeichnung, von welcher uns der Verfasser versichert, sie ganz genau mit der Camera lucida hergestellt zu haben. Die von MAALOË vorgeschlagene Methode ist zwar weniger anstrengend für das Auge und

erfordert weniger Geschicklichkeit, ist aber viel umständlicher und zeitraubender als das Zeichnen mit der Camera, z. B. mit der ABBE'schen. Eine wirkliche Vereinigung der Vortheile beider Darstellungsmethoden wäre dadurch möglich, dass man die photographisch nicht aufnehmbaren Verhältnisse mit der Camera lucida in das Photogramm bei genau derselben Vergrösserung einzeichnete und auch das Photogramm, eine nicht allzu dunkle Copie, bestehen liesse. — E. CZAPELWSKI [1] beschreibt seinen „neuen" mikrophotographischen Apparat für das verticale Mikroskop sehr ausführlich, obwohl daran eigentlich nichts Neues ist, ausser etwa der ganz überflüssige Kasten, welcher das Mikroskop lichtdicht in sich einschliesst, „damit jegliches störende Seiten- und Oberlicht vollkommen ausgeschlossen" sei (p. 156). R. NEUHAUSS [2 a] p. 9 hat aber Unrecht, wenn er den Apparat von VAN HEURCK mit dem von CZAPELWSKI in dieser Beziehung in einen Korb wirft. Der Kasten hat bei VAN HEURCK, wie wir wissen, einen ganz anderen, vollkommen rationellen Zweck, nämlich selbst als Camera zu dienen. — F. MERKEL [4] demonstrirte auf der 10. Versammlung der Anat. Ges. in Berlin einen neuen Zeichenapparat, dessen Beschreibung aber bis jetzt nicht erschienen ist.

1897 ST. APÁTHY [11] hat in seiner Arbeit über das leitende Element des Nervensystems 1897 Resultate einer so weitgehenden Anwendung des ABBE-schen Zeichenapparates zur Darstellung und zur Messung feinster histologischer Elemente veröffentlicht, wie dieser bis jetzt wohl kaum eine erfahren hatte. Die im vorhergehenden öfters erwähnte combinirte Messmethode für sehr geringe Dimensionen einzelner Elemente (unter 1 μ), wie sie bei den Untersuchungen ausgeführt wurde, wird auf p. 568 kurz geschildert. Hier will ich einige Bemerkungen darüber noch hinzufügen, zunächst aber einige Modificationen an dem ABBE'schen Zeichenapparat selbst erwähnen, welche diesen für schwierige, lang dauernde, bis in die feinsten Einzelheiten gehende Zeichnungen bei starken Vergrösserungen geeigneter machen, als alle anderen. Sie lehnen sich an die HEINSIUS'sche, nach Art eines Schachteldeckels umklappbare Form an, weil ich die CZAPSKI'sche, wie gesagt, für weniger glücklich halte. Das Prismengehäuse, welches auch den Arm mit dem grossen Spiegel trägt, musste mittels des Charniers mit horizontaler Axe auf einem Röhrenstücke von etwa 2 cm befestigt werden, welches genau auf das obere Ende des Auszugsrohres des Mikroskops passt, sodass der Prismenwürfel beim Aufstecken des Rohres auf den Mikroskoptubus eo ipso genau centrirt sei, wie es ein Ocular beim Einstecken in den Tubus ist. Eine Schraube genügt zum Befestigen des Rohres auf dem Tubus. In neuester Zeit gebrauche ich die erwähnten Compensationsoculare von ZEISS, welche nach Abziehen der Hülse, die sie in bestimmter Höhe in dem Tubus hält, ganz in den letzteren hineinzusenken sind. Besonders, wenn man den Tubus lang ausziehen muss, kommt es gelegentlich vor, dass sich dieser während des Zeichnens etwas senkt oder dreht, und dann kann man die Zeichnung nicht ohne weiteres fortsetzen. Dem habe ich bis jetzt mit verschiedenen Notbehelfen abgeholfen. Das Einfachste ist, wenn man die Reibung des Auszugsrohres möglichst gross macht, z. B. durch Beschmieren mit sehr wenig Oel und dann mit geschwemmtem Kreidenpulver, oder aber mit etwas Wachs. Dann ist es aber schwer, die Tubuslänge während der Untersuchung, ohne Erschüttern des Präparates

zu verändern. Am besten wäre es, auch das Ausziehen des Tubus nicht aus freier Hand zu bewerkstelligen, sondern durch Zahn und Trieb auszuführen, wie es früher für andere Zwecke wiederholt vorgeschlagen wurde; diese Vorrichtung müsste man aber so anbringen, dass sie mit einigen Schrauben jederzeit leicht anzuschrauben und zu entfernen sei. Ein solcher Apparat befindet sich für mich in Arbeit: zwei metallene, federnde Ringe sind mit Schrauben, der eine auf dem eigentlichen Mikroskoptubus, der andere über dem vorspringenden Ring des Auszugrohres zu befestigen; die beiden Ringe sind mit einander durch eine Triebstange vereinigt, welche mit dem oberen Ring fest, mit dem unteren durch den Trieb verbunden ist. Endlich ist es noch nothwendig, den grossen Spiegel innerhalb eines viertel Kreises unter jedem beliebigen, leicht ablesbaren Winkel festschrauben zu können. An dem distalen Ende des (von der Mikroskopaxe bis zur Spiegelaxe gerechnet 9½ cm langen) Spiegelarmes ist an meinem Apparate zu diesem Zwecke ein in 5 Grade getheilter Viertelkreis aus Aluminium angebracht; durch den Mittelpunkt dieses Kreises geht die Klemmschraube, welche, als Axe der Drehung des Spiegels, gleichzeitig zum Feststellen desselben durch stärkeres Anziehen dient. Was das Messen von feinsten Structurbestandtheilen nach ihren mit einem solchen Zeichenapparat entworfenen, genauen Bildern betrifft, so muss man natürlich zuerst die Vergrösserung bestimmen, bei welcher man das Bild entwerfen will. Diese soll so stark sein, wie es nur die nothwendige Deutlichkeit des auf dem Zeichenfelde erscheinenden Bildes erlaubt. Um die günstigsten Bedingungen, unter welchen sie entsteht, zu finden, nämlich welches Objectiv und Ocular zu combiniren, welche Tubuslänge und welche Höhe des Augenpunktes über der Zeichenfläche zu wählen sei, pflege ich vor allem einige Probezeichnungen des Objectes zu machen. Die unter den gewählten Bedingungen resultirende Vergrösserung der Zeichnung bestimme ich durch Zeichnen eines in 10 Mikren getheilten Zeiss'schen Objectmikrometers und Messen des Bildes mit einem Schieberzirkel. Wenn es durch Aendern der Höhe des Augenpunktes über der Zeichenfläche, verbunden mit ganz geringem Ausziehen oder Einschieben des Tubus geht, so runde ich die Vergrösserungsziffer auf 1000, 1500, 2000, 2500 bis 3000fach ab; letztere ist die stärkste, welche ich mit den Zeissschen Apochromaten und Compensationsocularen noch nutzbar machen kann. Dabei ändere ich das Niveau des Zeichenfeldes nicht, weil ich kein in der Höhe verstellbares Zeichenpulte kenne, welches die für meine Zwecke nöthige Solidität besässe, sondern stelle das Mikroskop auf eine verschieden hohe Unterlage. Diese besteht aus aufeinandergelegten Platten von hartem Holz (aus mehreren Theilen zusammengeniethet, damit sie sich nicht verbiegen.) Die Platten sind quadratisch von 20 cm Seite und 2 cm Dicke; jede trägt unten zwei kurze Stifte und oben zwei entsprechende Löcher, wo die Stifte hineinpassen; ausserdem befindet sich oben in jeder eine hufeisenförmige Vertiefung, in welche der Fuss des Mikroskopes genau hineinpasst. Ich benütze 4 solche Platten und ausserdem eine fünfte, die Grundplatte, ohne die Stifte auf der unteren Fläche; diese passt wieder in eine quadratische Vertiefung meines Mikroskopirtisches hinein. Sie benütze ich allein, wenn die Entfernung des Augenpunktes von der Zeichenfläche die geringste sein soll bei einer Spiegelstellung unter 45°. Mein Zeichenpult ist nämlich für das

grosse ZEISS'sche Stativ berechnet, im Ganzen 22 cm hoch, und die Tischplatte desselben ragt (damit man auch von rechts bequem mit der Hand den Spiegel des Mikroskops erreichen kann) 10 cm nach links so hervor, dass, wenn das Mikroskop auf der Grundplatte, in der Höhe des Arbeitstisches steht und die Zeichenfläche ganz an den Mikroskoptubus geschoben ist, diese dicht unter der Schraube für die grobe Einstellung zu liegen kommt. Sind dagegen alle 4 Platten auf die Grundplatte gelegt, wie es am häufigsten für meine Zeichnungen der Fall ist, so berührt die Tischplatte des Zeichenpultes beinahe den Objecttisch des Mikroskops, und die Entfernung des Augenpunktes von der Zeichenfläche ist die grösste, welche bei einer Neigung des Spiegels unter 45° möglich ist, wenn man das ganze Gesichtsfeld zeichnen will. Das Zeichenpult steht auf 4 starken, spitzigen, 5 cm hohen Schrauben, welche in das Holz des Arbeitstisches eingedrückt werden können und eine Verschiebung Zeichenpultes während des Zeichnens verhindern, und die durch die Schrauben gebohrten Löcher dienen zu dem Wiedereinstellen des Pultes in die frühere Lage, wenn man es aus irgend einem Grunde vor dem Beendigen der Zeichnung bei Seite stellen musste. Stellt man die zwei Schrauben der linken Seite niedriger als die der rechten, so kann man der Zeichenfläche eine bei meinem Zeichenpult bis zu 10° gehende Neigung gegen das Mikroskop geben, also die Stellung des grossen Spiegels des Zeichenapparates von 45° bis zu 40° verändern und dadurch das Gesichtsfeld vom Mikroskop nach rechts verschieben ohne Verzerrung des Bildes. Auf diese Weise kann man die Entfernung des Augenpunktes vom Zeichenfelde noch vergrössern, da nun letzteres nicht mehr an den Tubus geschoben zu werden braucht. Beim Einstellen der Zeichenfläche in horizontaler Richtung dient eine kleine Libelle zur Kontrolle. Die Dimensionen der Tischplatte meines Zeichenpultes sind 40 cm auf 25 cm. Zum Stützen der linken Hand und gelegentlichlich des rechten Ellbogens benütze ich einfach leere Kistchen oder aufeinandergelegte Bücher. — Kehren wir aber zum Zeichnen für Messungszwecke zurück! Man verwende dazu ein sehr hartes und glattes Papier und einen Zeichenstift, welcher möglichst schwarz zeichnet; man wähle lieber einen etwas weicheren, als dass er zu blasse Linien ziehe. Allzu hart darf er überhaupt nicht sein. (Am besten fand ich die Ziffer F der HARDTMUTH'schen „Koh-i-noor" Stifte.) Nun trachte man die gesuchte Dimension des fraglichen Elementes, wie sie auf der Zeichenfläche erscheint, genau wiederzugeben. Und zwar zeichne man nicht auf das Bild des Objectes, sondern dicht daneben; bei fadenförmigen Gebilden lege man das Gezeichnete in die Fortsetzung des zu Zeichnenden, sodass sie eine Linie zu bilden scheinen. Auf diese Weise kann man am besten beurtheilen, ob ihre Dicken übereinstimmen. Man ziehe eine dickere Linie ja nicht auf einmal, sondern verstärke sie ganz allmählich, bis die Dicke des Abzubildenden erreicht ist. Der Unterschied in den Dimensionen des Gezeichneten und des Gesehenen ist sicher nicht so gross, wie der Fehler, den man bei der Einstellung des Fadens eines beliebigen Ocularmikrometers auf die Grenzen des zu Messenden wahrscheinlich begeht. Nun messe ich die gezeichnete Dimension auf dem eventuell durch Eintauchen in Xylol durchsichtig gemachten Papier unter dem Mikroskop mit dem ZEISS'schen Messocular mit 1/1 Mikrontheilung bei Anwendung des apochr. Objectivsystems von 16 mm Brennweite und dividire

die gewonnene Mikrenzahl mit der Vergrösserung, bei welcher die Zeichnung ausgeführt wurde. Besonders erleichtert wird das Zeichnen namentlich von dicht gelagerten Elementen, deren Zahl und Abstand bestimmt werden soll, dadurch, dass man ein halbkreisförmiges Stück oder einen Streifen, $^1/_{10}$-$^1/_5$, so breit wie das Gesichtsfeld, von dünnem geschwärzten Metall oder Karton auf den Blendenring in das Ocular legt, und so einen Theil des Gesichtsfeldes etwas seitlich von der Mitte verdunkelt, das zu Zeichnende hart an die Grenzlinie bringt und eine Fortsetzung der Elemente über dem verdunkelten Gesichtsfelde so zeichnet, dass Bild und Zeichnung an der Grenzlinie (die natürlich ganz glatt und gerade sein muss) in einander übergehen. Verhältnissmässig leicht kann man so die Streifen von *Amphipleura* dergl. zählen und ihren Abstand bestimmen. Die auf die geschilderte Weise vorgenommenen Messungen sind überhaupt bedeutend genauer und leichter auszuführen als mit den Ocularschraubenmikrometern und anderen ähnlichen Messinstrumenten. Auf die Beschreibung meiner Versuche, welche diese grössere Genauigkeit beweisen dürften, muss ich indessen hier verzichten. — Die Photogramme, durch welche R. v. ERLANGER [1] die Thesen seiner Arbeit über die Schaumstruktur des Protoplasmas beweisen will (auf Taf. XV-XVII), liefern nur dafür einen schlagenden Beweis, wie sehr manche Autoren den Werth ihrer Aufnahmen verkennen. Die ERLANGER'schen beweisen, wenigstens so wie sie reproducirt sind, garnichts. Die Negative mögen ja besser gewesen sein, obwohl die Art und Weise der Reproduction (Photogravure von MEISENBACH, RIFFARTH & Co. Berlin) eigentlich für eine möglichst gute Wiedergabe bürgen sollte. Die vor 10 Jahren gemachten Aufnahmen desselben Objectes (Eier von *Ascaris* megalocephala) von AD. NEYT (Taf. II-V bei E. VAN BENEDEN und AD. NEYT [1] 1887) sind unvergleichlich besser, obwohl seine Präparate, ganze Eier nach Eisessig-Alkohol-Fixirung, meist mit Malachitgrün und Vesuvin gefärbt, in Glycerin, für die Mikrophotographie weit weniger geeignet waren, als die mit Eisenalaunhämatoxylin gefärbten Schnitte von ERLANGER. Auch die Reproductionsart der NEYT-schen Aufnahmen (Lichtdruck) ist weniger günstig, und doch, würde man den heutigen Stand der Mikrophotographie nach den ERLANGER'schen Bildern beurtheilen, so würde man nicht nur keinen Fortschritt erkennen, denn ein solcher hat auch nicht stattgefunden, sondern auf einen grossen Rückschritt schliessen. — Im Angesicht von solchen Leistungen müsste man W. FLEMMING [14] entschieden Recht geben, wenn er, gerade auf Veranlassung der ERLANGER'schen Bilder, die Mikrophotographie p. 209 mit Dornen vergleicht, von welchen sich „einmal keine Feigen ernten lassen." Mit ihm stimmt J. B. CARNOY (bei CARNOY et LEBRUN [2] p. 73) darin überein, dass die heutige photographische Technik nicht im Stande ist, feine Dinge, wie Zellstrukturen, bei starken Vergrösserungen in der Art abzubilden, dass danach irgend etwas zu entscheiden sei.

1898 Noch am ehesten geeignet, diese Ansicht zu widerlegen, scheinen mir die Aufnahmen von P. FRANCOTTE [7], welche die Reifung, Befruchtung und Segmentation des Polycladen-Eies illustriren. Beinahe alle 38 Photogramme sind so gut, wie sie nur sein können; zum grossen Theil übertreffen sie diejenigen von E. B. WILSON [1a]. (Die Photogramme, welche die 1897 erschienene Arbeit FRANCOTTE's [6] über denselben Gegenstand illu-

striren, scheinen weniger gut reproducirt zu sein.) Allerdings geschahen die Aufnahmen bei halb so starker Vergrösserung (bis zu 550fach, bei WILSON 1000fach); aber auch WILSON hätte sich bei seinem Objecte ganz gut mit einer solchen begnügen können. FRANCOTTE photographirte Schnitte, und hauptsächlich diesem Umstande ist es zu verdanken, dass manche seiner Bilder den oben erwähnten NEYT'schen überlegen sind. Aber eben so gut wie die NEYT'schen, sind auch die KOCH'schen Bilder aus 1877, so dass wir unsere These wiederholen können, dass die photographische Technik in den letzten zwei Decennien wohl bequemer, aber nicht vollkommener geworden ist. — Die ebenfalls cytologischen Aufnahmen von W. HIS [9] kann man wegen der sehr schlechten Reproduction im Texte (Autotypie) nicht recht beurtheilen; sie scheinen indessen die Güte der FRANCOTTE'schen nicht erreicht zu haben. — Das „Praktikum der wissenschaftlichen Photographie" von CARL KAISERLING [2] ist für die Mikrophotographie, welche im Capitel VI, p. 235-320 behandelt wird, von keiner besonderen Bedeutung. — In dem 1898 herausgegebenen neuen ZEISS'schen Specialkatalog über mikrophotographische Apparate ist eine sogenannte „Horizontal-Verticalcamera" beschrieben, welche sowohl mit dem horizontal umgelegten, als auch mit dem vertical stehenden oder geneigten Mikroskop zu gebrauchen ist. Sie soll einen Ersatz liefern für die nicht bewährte und von der Firma schon vor längerer Zeit aufgegebene Vorrichtung zum Aufrichten des Mikroskoptheiles der grossen Camera; andererseits scheint sie auch das von der Firma doch weiter geführte FRANCOTTE'sche Modell überflüssig zu machen, weil sie vollkommener, allgemeiner brauchbar und dabei nicht viel theuerer ist. Aus eigener Anschauung kenne ich sie noch nicht.

1899 HANS BERGER [1] beschreibt auf Grund von einer Mittheilung von HAMMARBERG eine mikrometrische Methode, welche kaum jemand als neu hingestellt hätte, der in der Geschichte der Mikrotechnik auch nur etwas bewandert ist. Es handelt sich wieder um die, wie wir sahen, schon wiederholt neu erfundene Methode GORING's aus 1837 (s. p. 331 v. W.), das reelle Bild eines Mikrometers, hier einer quadratischen Netztheilung, von unten her in die Objectebene zu projiciren. Und zwar ist die von BERGER ausführlich geschilderte Methode sogar in allen Einzelheiten identisch mit der GORING-schen. Zu diesem Zwecke wurde der ABBE'sche Beleuchtungsapparat adaptirt und das so gewonnene Instrument „Hammarberg's Objectnetzmikrometer" genannt. Diese Bezeichnung muss also aus der mikrotechnischen Terminologie schleunigst gestrichen werden, umso mehr, als dieses Projiciren einer Quadrirung in die Objectebene gerade für Zählungen, wie von HAMMARBERG, 1882 auch von NACHET [4] vorgeschlagen wurde (s. p. 381 d. v. W.). Die Erfinder von „neuen" Instrumenten müssten sich doch wenigstens so viel Mühe geben, im HARTING [1] nachzusehen, wenn sie schon so weit, wie GORING etc., nicht zurückgehen wollen. (In diesem Falle hätte BERGER das Nöthige bei HARTING [1] 2. Bd. p. 267-268 und 3. Bd. p. 391 gefunden.)

F. Methoden der Beleuchtung des mikroskopischen Präparates mit nicht polarisirtem Lichte (zu § 29, sowohl als auch zu den weiteren Abschnitten).

Wir sahen bereits, dass die Modificationen der Beleuchtung uns Mittel in die Hand geben, bis zu gewissen Grenzen auch in

die Structurverhältnisse des lebenden Objectes einzudringen. Ebenso sahen wir, dass ein gegebenes Präparat überhaupt nur bei der richtigen Wahl der Beleuchtung gehörig ausgebeutet wird, ja dass eine unrichtige Beleuchtung zu ganz falscher Anschauung über die vorhandenen Verhältnisse führen kann. Wir müssen also im Folgenden die geschichtliche Entwickelung unserer Kenntnisse von der richtigen Beleuchtung des mikroskopischen Präparates für bestimmte Zwecke und bei verschiedenen Vergrösserungen schildern. Die Methoden der Untersuchung im polarisirten Licht und die Methoden der prismatischen Zerlegung der durch das Präparat gegangenen Lichtstrahlen werden wir weiter unten besonders behandeln.

Die mikroskopischen Beleuchtungsmethoden haben den Zweck, die zum Erzeugen eines richtigen mikroskopischen Bildes dienenden Lichtstrahlen in der gerade nothwendigen minimalen Menge und in passender Weise zu dem Präparate zu führen. Wir müssen also hier auch die Methoden berücksichtigen, nach welchen überflüssiges oder störendes Licht einerseits vom Präparate, andrerseits direct vom beobachtenden Auge abgehalten wird.

Die Art und Weise der Beleuchtung richtet sich nach der Beschaffenheit des Präparates und nach der Natur des Aufschlusses, den wir davon durch das Mikroskop erhalten wollen. Demgemäss müssen wir die Beleuchtungsmethoden nach verschiedenen Gesichtspunkten verschieden eintheilen. Hinsichtlich des Präparates könnten wir sie eintheilen in solche, welche zum Beleuchten des undurchsichtigen, und in solche, welche zum Beleuchten des durchsichtigen Präparates dienen. Die letztere Gruppe enthält zwei Unterabtheilungen, nämlich die Methoden für ungefärbte und die für gefärbte Präparate. Hinsichtlich des gesuchten Aufschlusses könnte man reden einerseits von Methoden zur Untersuchung der Qualität des durch das Object gegangenen Lichtes, und andrerseits von Methoden zur Untersuchung des mikroskopischen Bildes, und zwar bei Beleuchtung mit unpolarisirtem und mit polarisirtem, mit weissem oder mit einfarbigem (prismatisch oder durch Absorption zerlegtem) Lichte; und diese Kategorien könnte man eintheilen je nachdem sie für schwache, mittlere oder starke Vergrösserungen dienen. Aber nach keinem dieser Gesichtspunkte ist eine Eintheilung möglich, bei welcher die einzelnen Gruppen einander in allen Fällen gegenüber zu stellen wären; nur die Methoden der Beleuchtung mit polarisirtem Lichte und die Mikrospektroskopie lassen eine gesonderte Behandlung zu, welche wir ihnen des-

halb, wie gesagt, auch in dieser geschichtlichen Aufzählung zukommen lassen werden. Sonst greifen die einzelnen Kategorien in verschiedenen Richtungen ineinander über. So ist z. B. die Art und Weise, wie man ein Präparat zu beleuchten hat, welches nur bei starker Vergrösserung unterscheidbare undurchsichtige Gegenstände in im Ganzen durchsichtiger, dünner Lage enthält, genau so wie die Beleuchtung eines durchsichtigen, gefärbten Präparates. Die vollkommenste Färbung einzelner sehr feiner Elemente ist, sie undurchsichtig zu machen, damit sie bei durchfallendem Lichte schwarz erscheinen.

Ein anderer Gesichtspunkt für die Eintheilung der Beleuchtungsmethoden wäre das Verhältniss der beleuchtenden Lichtstrahlen zu dem Objecte und zu dem mikroskopischen Bilde. Die Wahrnehmbarkeit eines mikroskopischen Bildes beruht ja, ganz allgemein ausgedrückt, auf der Verschiedenheit der Wirkung, welche die von dem Object nicht veränderten und veränderten Strahlen der Lichtquelle auf das beobachtende Auge ausüben. Der Zweck der Mikrotechnik ist, diese Verschiedenheit zu einem möglichst grossen Contraste zwischen dem freien Gesichtsfelde (dem durch Einschaltung des Objectes nicht veränderten Theile des Bildes der Objectivöffnung) und dem mikroskopischen Bilde (dem durch Einschaltung des Objectes veränderten Theile des Bildes der Objectivöffnung) einerseits, und zwischen den einzelnen Theilen des Bildes zu gestalten. Dazu trägt die richtige Beleuchtung ebensoviel bei, wie die Herstellung des Präparates.

Die Lichtstrahlen erleiden eine Veränderung durch das Präparat: a) infolge von Reflexion, b) von Refraction, c) von Diffraction, d) von Polarisation, e) von Dispersion, f) von Absorption und g) von Interferenz. Die Absorption geht mit allen anderen Veränderungen Hand in Hand, ist oft nur äusserst gering, aber ein stets sehr erwünschter Factor. Interferenzerscheinungen verbinden sich besonders mit der Diffraction, Polarisation und Dispersion der Lichtstrahlen; sie sind zwar oft unentbehrlich, um gewisse Eigenschaften des Objectes überhaupt wahrnehmbar zu machen, sehr oft sind sie aber unerwünscht und spielen in trügerischer Weise bei der Erzeugung des mikroskopischen Bildes mit.

Wir haben bereits wiederholt betont, dass wir es für eine der wichtigsten Aufgaben der modernen Mikrotechnik halten, die Betheiligung der Interferenzerscheinungen an dem mikroskopischen Bilde möglichst zu beschränken oder wenigstens unsichtbar zu machen. Am ehesten ist letzteres bei reinen Absorptionsbildern möglich, und

solche erhält man von richtig gefärbten, in solchen Medien montirten Präparaten, deren Brechungsindex möglichst nahe zu dem des Objectes steht. Unsere grösste Errungenschaft auf dem Gebiete der Beleuchtungstechnik ist die Methode, welche die Vorzüge von solchen Präparaten zu vollkommener Geltung bringt, von ihnen reine, contrastreiche Absorptionsbilder zu bekommen, gestattet.

Eine Hauptgruppe der Beleuchtungsmethoden sind also diejenigen, welche dem Zwecke dienen, reine, contrastreiche Absorptionsbilder zu ermöglichen: Beleuchtung mit weissen, durchfallenden, convergenten Lichtstrahlen von grosser Apertur; seltener Beleuchtung mit ähnlichem monochromatischem Lichte.

Die zweite Hauptgruppe enthält Methoden, deren Zweck ist, die Wirkung der Lichtbrechungsunterschiede auf das mikroskopische Bild möglichst zur Geltung zu bringen: Beleuchtung mit weissen, durchfallenden, convergenten Lichtstrahlen von geringster Apertur, seltener von grosser Apertur, aber bei Abblendung der Axenstrahlen des Beleuchtungskegels oder bei Einschaltung verschieden gefärbter Diaphragmen in die Axenzone und in die Mantelzone des Strahlenkegels entweder vor dem Eintritt in das Präparat oder nach dem Austritt aus dem Präparat. Hierher gehört also die eine Anwendung der Dunkelfeldbeleuchtung und die verschiedene Beleuchtung des Structurbildes (nicht des Konturbildes) des Objectes und des Untergrundes.

Als dritte Gruppe wollen wir aus diesem Gesichtspunkte jene Methoden zusammenfassen, welche erst von dem Präparat zu reflectirende Lichtstrahlen in das Mikroskop führen: Beleuchtung mit auffallendem Licht und die andere Anwendung der Dunkelfeldbeleuchtung.

Die vierte Gruppe sollen die Methoden mit durchfallenden, diffusen Lichtstrahlen von verschiedener Menge bilden: Beleuchtung für schwache Vergrösserungen und ohne besondere Vorrichtungen. An der Erzeugung des sichtbaren mikroskopischen Bildes betheiligen sich alle möglichen Veränderungen der durch das Präparat gegangenen Strahlen.

Als fünfte Gruppe fassen wir unter der Bezeichnung Methoden für besondere Zwecke die noch übrigen, sehr heterogenen Beleuchtungsverfahren zusammen. Solche dienen z. B. dazu, um Structuren, deren mikroskopisches Bild nur bei Betheiligung von Diffractionsbüscheln mit (im Verhältniss zur Apertur des benützten Objectivs) grosser Ablenkung vom axialen

Strahlenbüschel entstehen kann, sichtbar oder auffälliger zu machen: Beleuchtung mit sehr schräg durchfallendem Strahlenkegel von geringer Apertur, oder mit kurzwelligem, monochromatischem Lichte. In diese Gruppe würden auch, wenigstens in der thierischen Morphologie, die Methoden der Polariskopie und Spektroskopie gehören, wenn wir diese nicht für sich behandeln wollten.

Natürlich bilden auch die eben geschilderten Gruppen keine scharf von einander getrennte Kategorien, da einerseits dieselbe Methode verschiedenen Zwecken dienen kann (z. B. die Dunkelfeldbeleuchtung und die monochromatische Beleuchtung), und andererseits keine bestimmten Grenzen zwischen den verschiedenen Gruppen gezogen werden können (so geht die erste Hauptgruppe durch Einengen der Apertur des Beleuchtungskegels allmählich in die zweite über). Doch schlage ich diese Eintheilung vor, weil die anderen, mir möglich erscheinenden, so auch die eingangs erwähnten, noch weniger gut sind, und weil sie im Ganzen und Grossen auch der Entwickelung der Beleuchtungstechnik entspricht. In der frühesten Epoche geschah die mikroskopische Beobachtung ohne besondere Beleuchtungsapparate so, dass man das Instrument gegen das Licht hielt. In dieser Weise benützte Leeuwenhoek sein einfaches Mikroskop und so war auch ein grosser Theil der ältesten zusammengesetzten Mikroskope eingerichtet (4. Gruppe). Doch wurde das Object bei den meisten ältesten zusammengesetzten Mikroskopen mit auffallendem Lichte beleuchtet (3. Gruppe), später mit Planspiegel und noch später mit Hohlspiegel und Diaphragmen versehen (2. Gruppe). Der letzten Epoche dieser Entwickelung gehören die Methoden der ersten Gruppe an. Wie wir sehen werden, benützte man zwar schon vor langer Zeit Linsen und Linsensysteme zum Concentriren der Lichtstrahlen auf das Präparat, aber der Zweck von diesen war blos die Zuführung von einer grösseren Menge Lichtes, einfach eine intensivere Beleuchtung. Auch bei Verbindung einer unter dem Object angebrachten Convexlinse mit dem Spiegel war zunächst der Zweck, dem allein benutzten Planspiegel die Wirkung eines Hohlspiegels zu geben, die vom Spiegel reflectirten Strahlen convergent zu machen und dadurch in grösserer Anzahl auf einen gewissen Punkt des Präparates zu concentriren. Erst von dem zweiten Viertel unseres Jahrhunderts an wurden die Beleuchtungsapparate bewusst so eingerichtet, dass sie das Bild der Lichtquelle in der Ebene des Präparates entwerfen, und, nachdem man die Vortheile der schief einfallenden Lichtstrahlen beim Entziffern von sehr durchsichtigen Gegen-

ständen und beim Lösen von schwierigen Probeobjecten gesehen hatte, ertheilte man den Condensoren eine immer grössere Apertur, bis 1873 der ABBE'sche Beleuchtungsapparat entstanden und auf dem Continent zum Typus des modernen Beleuchtungsapparates geworden ist, welcher nur noch in seiner mechanischen Ausrüstung und in Betreff des Achromatismus des Linsensystems Verbesserungen erheischte. Aber es dauerte noch immer mehrere Jahre, bis 1878 R. KOCH [2] die richtige Anwendung des Apparates zum Erzeugen des reinen Farbenbildes erkannte. Und nun wollen wir die Einführung der verschiedenen Beleuchtungsmethoden in chronologischer Reihenfolge betrachten!

1665 Der Beschreibung und Abbildung des ersten Beleuchtungsapparates (und zugleich der ältesten Abbildung eines zusammengesetzten Mikroskopes) überhaupt begegnen wir in der Micrographia von ROBERT HOOKE [1] 1665. Er ist für auffallendes Licht bestimmt, da man zu dieser Zeit, wie wir wissen, das zusammengesetzte Mikroskop nur bei auffallendem Lichte benutzte. Als künstliche Lichtquelle diente eine Lampe ohne Cylinder; vor der Lampe befand sich eine Schusterkugel, welche das Licht auf eine Sammellinse concentrirte, die es dann weiter auf das Object warf. Schien die Sonne, so wurde zwischen Object und einer Sammellinse geöltes Papier eingeschaltet, und die Lichtstrahlen wurden auf dieses concentrirt. (Seite 16-17 der unpaginirten Vorrede und Figur 5, 6 von Tafel 1; die Originalfigur ist auch bei CARPENTER [2] p. 130, Figur 95, bei PETRI [1] p. 103, Figur 106 reproducirt.)

1685 Doch construirte CARL ANTON TORTONA schon 1685 ein zusammengesetztes Mikroskop, allerdings ohne besonderen Beleuchtungsapparat, welches gegen das Licht gehalten werden musste und, wie die damaligen einfachen alle, zur Untersuchung im durchfallenden Lichte diente. Beschrieben zuerst bei AMBROSIUS LANGENMANTEL [1] p. 442, Figur 64.

1689 LEEUWENHOEK [8] beschrieb in der 66. „Missive" an die Royal Society von London 1689 ein Hohlspiegelchen mit einem Loche in der Mitte, in welches die Mikroskoplinse gefasst war, um opake Objecte in dem durch das Spiegelchen auf sie zurück reflectirten Lichte beobachten zu können. Dieselbe Vorrichtung erfand LIEBERKÜHN 50 Jahre später noch einmal, und, da LEEUWENHOEK's Erfindung in Vergessenheit gerathen war, so belegte man und bezeichnet auch heute noch solche Spiegelchen gewöhnlich mit dem Namen LIEBERKÜHN's.

1691 Beleuchtungslinsen für Untersuchungen im durchfallenden Lichte hat, wie ich glaube, BONANNUS [1] zuerst 1691 beschrieben, und zwar für das horizontale, zusammengesetzte Mikroskop. Zwei Convexlinsen befanden sich in einem Rohr, welches bei künstlicher Beleuchtung der Lichtquelle genähert und davon entfernt werden konnte. (Eine Abbildung nach der Originalfigur bei PETRI [1] p. 129, Figur 119).

1694 Eine Beleuchtungslinse für das einfache Mikroskop wurde dagegen von HARTSOEKER [1] p. 175 1694 beschrieben. Sie war an dem Ende eines aussen mit Schraubengewinde versehenen Tubus angebracht, und, da dieser

Tubus in einen anderen, an dessen Ende sich das Object befand, einzuschrauben war, so konnte man ihre Entfernung von Objecte variiren.

1712 Der wichtigste und heute noch unentbehrlichste Theil der Beleuchtungsvorrichtungen des zusammengesetzten Mikroskops, der Spiegel unter dem durchbohrten Objecttisch, wurde von HERTEL [1] 1715 eingeführt. Erst dadurch wurde das aufrechtstehende, zusammengesetzte Mikroskop für Untersuchungen im durchfallenden Lichte geeignet. Der Spiegel von HERTEL war eben und in allen Richtungen beweglich. (Die Reproduction von Tafel I von HERTEL s. bei PETRI [1] p. 147, Figur 133.)

1738 Von anderen Mikroskopverfertigern benutzten CULPEPER und SCARLET in London zuerst den Beleuchtungsspiegel mehrere Jahre später, aber schon vor 1738 (s. PETRI [1] p. 149 gegen HARTING [1] III. Bd. p. 118). Als wichtige Neuerung an ihrem Mikroskope ist eine Art Cylinderblende zu betrachten, ein kleiner Holzkegel, der von unten in die Öffnung des Objecttisches gesteckt wurde. Doch scheint diese Blende, wenigstens auf dem Continent, sehr lange nicht allgemein bekannt geworden zu sein. HUGO VON MOHL [1] p. 135 spricht 1846 von den Cylinderblenden (welchen indessen schon VARLEY [1] 1831 ihre auch jetzt gebräuchliche Form gab) als von einer Einrichtung, durch welche sich die neueren OBERHÄUSER'schen Mikroskope vortheilhaft von den übrigen unterscheiden. Diese waren meist mit der zweiten, heute noch üblichen Form der Blende, mit einer Scheibenblende versehen, d. h. einer excentrisch unter dem Objecttisch befestigten, drehbaren Metallscheibe mit verschieden grossen Löchern. Die Scheibenblende hat zuerst LEBAILLIF in Paris in den zwanziger Jahren bei dem zusammengesetzten Mikroskop angewendet. Erfunden hat sie indessen, etwa zu gleicher Zeit, wie CULPEPER und SCARLET die Cylinder- (richtiger Kegel-)Blende, JOHANNES VAN MUSSCHENBROEK, welcher sie an seinem einfachen Mikroskop anbrachte (s. bei HARTING [1] III. Bd. p. 43). — Die von LEEUWENHOEK erfundenen Hohlspiegel mit einer Linse in der Mitte gewannen erst seit 1738 durch NATHANAEL LIEBERKÜHN eine allgemeinere Verbreitung. Auch ihre Erfindung wurde, wie gesagt, allgemein LIEBERKÜHN zugeschrieben. „Im Jahre 1738 begann eine neue Aera für die Mikroskopie dadurch", sagt QUEKETT [1a] p. 14, „dass der berühmte Dr. NATHANAEL LIEBERKÜHN zu Berlin das Sonnen-Mikroskop und einen concaven silbernen Spiegel zur Betrachtung undurchsichtiger Gegenstände, welcher noch jetzt der LIEBERKÜHN'sche Spiegel heisst, erfand" (p. 14 in [1]).

1754 CUFF in London verbesserte das LIEBERKÜHN'sche einfache Mikroskop noch dadurch, dass er es mit einem Spiegel versah (s. BAKER [2] 1754 und QUEKETT [1a] p. 15). Ebenfalls CUFF passte den LEEUWENHOEK-(LIEBERKÜHN)-schen Spiegel auch dem zusammengesetzten Mikroskop an, indem er ihn auf dem unteren Ende einer Röhre befestigte, welche von unten auf den verengten Theil des Mikroskoprohres (jetzt die Fassung des Objectivsystems) gesteckt und hier auf- und niedergeschoben werden konnte, je nach der Brennweite des Objectivs. Die von unten her neben dem undurchsichtigen Object auf den Spiegel gelangenden Lichtstrahlen werden durch diesen von oben auf das Object reflectirt, letzteres wird also von auffallendem Lichte beleuchtet. In dieser Form ist der LEEUWENHOEK'sche Spiegel bis in die zweite Hälfte unseres Jahrhunderts ein viel benützter, nie fehlender Bestandtheil aller englischen Mikroskope geworden, und zwar wurde jedes Objectiv-

system von den zweizölligen bis zu den 1/4 zölligen mit einem besonderen verbunden. „Bei allen höheren Vergrösserungen ist das Ende eines jeden Objectivglases etwas eng und geht durch die Öffnung in die Mitte des LIEBERKÜHN'schen Spiegels. Bei geringen Vergrösserungen aber, wo eine grosse Reflexionsoberfläche durch die Grösse der angewendeten Gläser verloren gehen würde, wenn man denselben Plan befolgen wollte, ist die Öffnung in der Mitte der LIEBERKÜHN'schen Spiegels gerade gross genug, um so viel Strahlen zuzulassen, wie das Gesichtsfeld füllen und nicht mehr". (QUEKETT [1a] p. 220, s. auch Figur 135, Tafel 14, [1] p. 111, Figur 66.) Der bei MOHL [1] auf Tafel III, Figur 7 abgebildete LEEUWENHOEK'sche Spiegel sieht etwas anders aus. Er ist in einer kurzen Fassung auf das untere Ende des Objectivsystems aufgeschraubt, die Frontlinse füllt die Oeffnung in der Mitte des Spiegels aus, dessen Focus mit dem des Objectivs zusammenfällt. Ein an und für sich nicht ganz undurchsichtiges Object musste in der Mitte der möglichst weiten Tischöffnung, durch welche man mit dem Beleuchtungsspiegel ein breites Lichtbüschel nach oben warf, auf eine schwarze Unterlage gelegt werden. Object und Unterlage dürfen nicht grösser als die Linsenöffnung sein. Auf dem Continente hat man übrigens den LEEUWENHOEK'schen Spiegel nie so viel gebraucht, wie in England (s. auch bei MOHL [1] 1846, p. 149).

Bei dem von BENJAMIN MARTIN 1759 zuerst beschriebenen „Universalmikroskop" (s. MARTIN [8] 1776) ist der Spiegel in einem Bügel befestigt und mit einem verticalen Zapfen drehbar an einem besonderen Arm angebracht, welcher selbst an einer verticalen Stange auf- und niedergleitet und auch bei Seite geschlagen werden kann, um eine schiefe, ausseraxiale Beleuchtung zu erzielen. Ausser diesem, bereits in jeder wünschenswerthen Richtung verstellbaren Spiegel dient noch eine Sammellinse unter dem Objecttisch der Beleuchtung. Diese Anordnung des Spiegels behielten die englischen Mikroskopverfertiger bis in die Mitte unseres Jahrhunderts bei (s. die Abbildung des Mikroskops von POWELL and LEALAND, Titelblatt des Micr. Journal für 1841, und von JAMES SMITH, Titelblatt des Micr. Journ. für 1842, die Figuren 43-46, 48 und die Tafeln 2-4 bei QUEKETT [1] aus 1848). — Schon zu dieser Zeit besassen die Mikroskope der beiden ADAMS (Vater und Sohn) in England Beleuchtungsspiegel, deren eine Seite eben, die andere concav gewesen ist. G. ADAMS (Sohn) [2] macht 1798 (p. 136) auch aufdie Vortheile der schiefen Beleuchtung besonders aufmerksam. — Gegen Ende des XVIII. Jahrhunderts verfertigten HERMAN und JAN VAN DEYL in Holland Mikroskope, bei welchen der Bügel, worin sich der Spiegel bewegt, „am Ende einer um eine Axe drehbaren Krücke" befestigt ist (HARTING [1] III. Bd. p. 127). Also ist für eine schiefe Beleuchtung ganz in der Art gesorgt, wie sie MOHL ([1] p. 138) bei den Mikroskopen von AMICI so sehr lobt[1].

---

1) „In dieser Hinsicht ist", heisst es bei MOHL, „die Art, wie AMICI den Spiegel befestigt, sehr zu loben; er bringt (Tab. IV. Fig. 5) den gabelförmigen, um seine horizontale Axe drehbaren Träger des Spiegels am unteren Ende eines mit der Säule des Mikroskopes parallel stehenden Armes an, welcher sich an seinem obern Ende um eine horizontale Axe seitwärts drehen lässt, wodurch man in den Stand gesetzt ist, den Spiegel stark seitwärts zu stellen".

In Betreff des Spiegels und der Diaphragmen finden wir, wie aus dem Obigen ersichtlich, schon im XVIII. Jahrhundert die Vorbilder sämmtlicher Constructionen vor, welche in unserem Jahrhundert üblich und meist als neue Erfindungen angesehen wurden. Die einzige Ausnahme sind die Irisdiaphragmen, deren Idee indessen auch schon 1804 aufgetaucht ist (s. w. u.); bei den sonstigen Diaphragmen blieb nur ihre Beweglichkeit in verticaler Richtung und ihre seitliche Verschiebung aus der optischen Achse durchzuführen übrig. Unserem Jahrhunderte, eigentlich den letzten Decennien desselben, blieb es vorbehalten, einen Beleuchtungsapparat zu construiren, welcher das Bild der Lichtquelle mit einem achromatischen Lichtkegel von der den benutzten Objectiven entsprechenden grössten (aber leicht zu regelnden) Apertur in die Objectebene (oder je nach den Umständen in eine verschiedene Höhe über und unter der Objectebene) zu projiciren vermag. Die früheren, auf dem Continente kaum und auch in England meist nur von Dilettanten benutzten Condensoren hatten in der Praxis, wie schon betont, zunächst nur die Concentrirung einer grösseren Menge von Lichtstrahlen auf das Object, also eine stärkere Beleuchtung zum Zwecke, konnten also bei ernstlichen Untersuchungen der damals stets nur ungefärbt dargestellten Präparate über feinere Structurverhältnisse in der That nicht viel nützen. Als die Objective an und für sich schon dazu geeignet wurden, etwas feinere Structuren aufzulösen, erkannte man rein empirisch die Erleichterung, welche schräge Beleuchtung beim Entziffern der Diatomeenstructuren gewährt, und so benutzte man die Condensoren lediglich dazu, um ein Lichtbüschel unter grösserem Winkel zur Mikroskopachse einfallen zu lassen, als sonst möglich gewesen wäre. Durch die Mikrophotographie (Rob. Koch [1] 1877 p. 410) erkannte man später die Vortheile der Projection des Bildes der Lichtquelle in die Objectebene in gewissen Fällen auch für die sonstige mikrographische Praxis. Den Physikern war dies seit jeher ein Postulat sogar für den einfachen Hohlspiegel gewesen, dessen Focus in die Objectebene fallen sollte. Bei der Ocularbeobachtung konnten sich aber die Forscher nicht davon überzeugen, dass diese Regel allgemein inne gehalten werden müsste. In dieser Hinsicht gehen die Meinungen heute noch sehr auseinander. Eine Thatsache ist — ich bin aus eigener Praxis darauf gekommen und konnte sie auch durch zahlreiche, eigens angestellte Versuche beweisen — dass das Optimum der Beleuchtung bei der Projection des Bildes der Lichtquelle in etwas verschiedene Höhen erreicht wird je nach dem Objectivsystem, nach dem Präparate (besonders nach dem Charakter der Tinction) und nach dem gesuchten Aufschluss. Auf verschiedene Weise wird das Optimum erreicht auch bei den verschiedenen Beleuchtungsvorrichtungen, namentlich bei verschiedenen Aperturen derselben; eine gewisse, wenn auch nur vom Geübteren wahrgenommene Verschiedenheit existirt sogar für die einzelnen Apparate desselben Typus und derselben Werkstätte. Endlich finden verschiedene Forscher eine etwas verschiedene Stellung des Beleuchtungsapparates für dasselbe Bild am besten, besonders je nach der Empfindlichkeit ihres Auges für starkes Licht. Hier spielen nämlich physiologische und psychologische Factoren in der Praxis mit, welche die physikalische Theorie nicht mit in Rechnung zieht.

Die wirkliche Bedeutung der grossen Apertur des beleuchtenden Strahlenkegels, dass er Lichtbüschel von sehr schiefem Einfall enthält, die einzeln zur Wirkung gebracht werden können, erkannte man erst ziemlich spät, nachdem die Bedingung zu dieser Erkenntniss geschaffen war, nachdem nämlich die wirkliche Bedeutung der Apertur des Objectivsystems für solche Beobachtungen durch ABBE [2] 1873 bekannt geworden ist. Die Nützlichkeit der auf einmal in Wirkung tretenden grossen Aperturen des Beleuchtungskegels wurde aber seit Ende der siebziger Jahre zuerst von den Bakteriologen erkannt (ROB. KOCH [2] 1878 p. 33-39) und zum Auffinden und Unterscheiden der verschiedenen Bakterienformen bald ganz unentbehrlich gefunden. Die zwar nicht von Bakteriologen zuerst entdeckten Methoden der differencirenden oder isolirend Tinctionen der Gewebselemente gingen doch von den Bakteriologen und nur in zweiter Linie von der deutschen Cytologenschule auf das grosse Publikum der Mikrographen über. Man sah es nur sehr langsam allgemeiner ein, dass diese so unentbehrlichen Tinctionen nur bei einer grossen Apertur des Beleuchtungskegels zu voller Geltung kommen. Sogar FLEMMING machte von dem Beleuchtungsapparat erst seit 1881 oder 1882 Gebrauch. Eine ausdrückliche Erwähnung, dass er homogene Immersionen und den ABBE'schen Beleuchtungsapparat benutzt hat, finde ich zuerst im III. Theil seiner „Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen“ [3] 1882 (p. 37 u. 84). Von hier an hat er auch darin die Beobachtungsweise der Bakteriologen angenommen, dass er die Blende des Beleuchtungsapparates entfernte, um reine Farbenbilder zu bekommen (p. 37 u. 43). Im ersten Theil seiner Beiträge [1a] sagt er 1879 p. 305: „Ich beschreibe hier fast nichts, was ich nicht mit HARTNACK's System 7 oder höchstens 8 gesehen hätte . . . .“, und er bemerkt noch dazu (p. 304), dass er sehr starke Systeme, die bei noch so grosser Güte und noch so sorgfältiger Wahl der Beleuchtung doch immer an Helligkeit gegen mittelstarke zurückstehen und zugleich, je stärker sie sind, um so mehr trübende Interferenzbilder bedingen, deswegen überhaupt vermeiden wollte. 1880, in dem zweiten Theile seiner Beiträge [2] giebt er noch dieselbe Beobachtungsweise wie 1879 an; in seinem Ende 1882 erschienenen grossen zusammenfassenden Werke „Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung“ [5] schreibt er dagegen p. 8 Folgendes: „Fast Alles, was hier beschrieben wird, ist mit SEIBERT's Oelimmersion 1/12 und 1/16, ZEISS's Oelimmersion 1/18 und dem ABBE'schen Beleuchtungsapparat beobachtet und controlirt. Ich möchte sagen, dass mir der letztere verhältnissmässig noch weit grössere Dienste leistet, als die vortrefflichen genannten Systeme; denn dass es für diese Gegenstände vor Allem auf bestes und reichlichstes Licht ankommt, wird jeder wissen, der sich intensiv damit abgegeben hat. Mit Hülfe des Beleuchtungsapparates sehe ich auch mit dem Wasserimmersionssystem Nr. IX von HARTNACK das Meiste von dem, was mir die genannten Oelimmersionen zeigen; mit einer vorzüglichen HARTNACK'schen Wasserimmersion Nr. XII, die ich früher benutzte, habe ich damals schon“, also 1879, in [1a], wo die Benutzung dieses Systems vielfach erwähnt ist, „ohne Beleuchtungsapparat[1]) so viel gesehen, dass ich glaube, man würde durch sie mit dem

[1]) Nicht gesperrt im Original.

Apparat nahezu so weit kommen, wie mit den Oelsystemen". So ist man allmählich empirisch dazu gekommen, den Beleuchtungsapparat in der richtigen Weise, zu dem richtigen Zwecke zu verwenden. Dass aber der hauptsächliche, ja man könnte sagen der einzige reelle Nutzen, den uns ein Beleuchtungsapparat von grosser Apertur gewährt, in dem Ermöglichen eines reinen Absorptionsbildes ohne sichtbare Beimischung anderer optischer Erscheinungen besteht, scheint bei den Praktikern der Mikrographie heute noch keineswegs allgemein bekannt zu sein, sonst würden nicht so viele die gefärbten Structurelemente mit enger Blende und in schwach brechenden Medien untersuchen und so die Wirkung ihres Condensors paralysiren.

1822-1828 Das Erste, was wir von unserem Jahrhundert hier zu verzeichnen haben, sind (abgesehen von der 1804 auftauchenden Idee des Irisdiaphragmas) DAVID BREWSTER's [3] Versuche aus 1822 mit der monochromatischen, durch farbige Gläser erzielten Beleuchtung. Sein Zweck war, dadurch die chromatische Aberration der Linsen zu beseitigen, und deshalb hielt er sich nicht vorwiegend an die kurzwelligen Strahlen, welche wir heute benutzen, da wir durch die monochromatische Beleuchtung hauptsächlich die resolvirende Kraft unserer Systeme erhöhen wollen. Zu demselben Zwecke empfahl er auch ([4] 1823) monochromatische Lampen, z. B. Natriumlicht, für die Mikroskopie; am besten fand er aber die Verbrennung von mit Wasser verdünntem Spiritus in geeigneten Lampen. Sie soll ein schönes, homogenes gelbes Licht geben, mit schwachen Spuren von nur grünen und blauen Strahlen. BREWSTER war von der Wirkung dieses Lichtes so begeistert, dass er das mikroskopische Sehen damit in jeder Hinsicht für vollkommener hielt, „als es sein würde, wenn alle Linsen des Mikroskopes durch den geschicktesten Künstler völlig achromatisch gemacht worden wären" (p. 104). In Wirklichkeit ist ein solches Licht natürlich viel zu wenig intensiv, um über die allerschwächsten Vergrösserungen hinaus gebraucht werden zu können. Für andauernde mikroskopische Beobachtungen taugen die empfohlenen Lampen auch sonst nichts, wie überhaupt BREWSTER's Vorschläge sehr wenig Sinn für die Mikroskopie als praktische, wissenschaftliche Methode der Morphologie bekunden.

1824 Bald wurde aber das erste allgemeiner bekannt gewordene achromatische Mikroskop nach SELLIGUE's Angaben 1824 durch VINCENT und CHARLES CHEVALIER hergestellt. Achromatische Linsen verfertigte man, hauptsächlich für Teleskope, beinahe seit einem Jahrhundert, HERMAN VAN DEYL beschrieb sogar schon 1807 als erster ein von ihm gemachtes achromatisches Mikroskop (s. bei HARTING [1] III. Bd. p. 129-138). Vor SELLIGUE fand indessen keiner der Versuche grössere Anerkennung. Als Beleuchtungsapparat für auffallendes Licht diente bei diesem Mikroskop das sogenannte AMICI'sche Prisma, ein dreiseitiges, stumpfwinkeliges Prisma, dessen zwei, den stumpfen Winkel bildende Flächen convex geschliffen waren, um das von der Basalfläche reflectirte Licht gleichzeitig auch auf das Object zu concentriren (s. im Bericht von FRESNEL [1] p. 352); für durchfallendes Licht diente der Hohlspiegel und ein drehbares Scheibendiaphragma beinahe 2 cm unter dem Object mit 1-2 mm weiten Oeffnungen (s. ebendort p. 350). Ein Diaphragma über dem Objectiv in 15 mm Entfernung sollte die bei dem SELLIGUE'schen Mikroskop noch sehr grosse sphärische Aberration vermindern.

Eine Concavlinse im Mikroskoprohr zwischen Objectiv und Ocular (das Urbild des WOODWARD'schen Amplifiers) diente zum Verstärken der Vergrösserung. Ausführlichere Gebrauchsanweisung geben die Redakteure der Ann. Sc. N., AUDOUIN, AD. BROGNIART und DUMAS [1]. Hier wird das Diaphragma als neue Erfindung behandelt (p. 358), ein Augenschoner zum Abhalten störender Strahlen vom Auge, eine Vorrichtung zum Beschatten des Objectes bei Untersuchung im durchfallenden Licht und eine ARGAND'sche Lampe mit zwei Reflectoren als künstliche Lichtquelle (p. 360) erwähnt. Die Linsen waren so lichtschwach, dass das Tageslicht für etwas stärkere Vergrösserungen nicht mehr hinreichte.

1829 DAVID BREWSTER [5] empfahl eine neue monochromatische Lampe mit Verbrennung von Kochsalz (Natrium) in der Flamme des mit Luft gemischten Leuchtgases (in der später so genannten BUNSEN'schen Flamme), als W. H. WOLLASTON [5] 1829 sein neues einfaches Mikroskop (die WOLLASTON'schen Doppellinsen) „microscopic doublet" beschrieb, mit dem er eine Beleuchtungslinse für durchfallendes Licht verband. Das war in unserem Jahrhundert der erste Versuch, den Beleuchtungsapparat auf rationeller Grundlage zu verbessern. WOLLASTON meint, dass die beste Beleuchtung dann erreicht ist, wenn convergirende Lichtstrahlen das Object bei ihrer Vereinigung in einem Brennpunkte treffen. Er ging von der Voraussetzung aus (p. 177 der deutschen Uebersetzung in Poggend. Annal. 16. Bd.), dass „alles Licht, welches bei Beleuchtung mikroskopischer Gegenstände, ausser dem im vollen Wirkungskreis des Objectivs liegenden, gesammelt und in's Auge gebracht wird, strebt mehr dahin, das deutliche Sehen zu schwächen, als es zu verstärken." Um deshalb das hinzugelassene Licht in einem Brennpunkt in der Ebene des zu unter suchenden Gegenstandes zu vereinigen, combinirte er einen ebenen Spiegel mit einer planconvexen Linse von 3/4 Zoll Brennweite, deren ebene Fläche dem Object zugekehrt ist. Zwischen dem Spiegel und der Linse brachte er ein Diaphragma mit einer Oeffnung von 0·3 Zoll Durchmesser an, und der Abstand des Diaphragmas und der Linse musste so gewählt werden, dass das Bild der Oeffnung des Diaphragmas in die Ebene des Objectes fiel[1]. In Wirk-

---

1) HARTING [1] sagt (III. Bd. p. 64-65), dass die Beweglichkeit der Linse, damit man ihren Abstand vom Diaphragma ändern könne, nicht im ursprünglichen Plan WOLLASTON's lag, da er ja das Object immer gerade im Brennpunkt der Linse haben wollte. Das ist nun ein Irrthum. WOLLASTON sagt (auf p. 180 der deutschen Uebersetzung) Folgendes: „Die Linse ET, oder die Oeffnung A, muss eine Vorrichtung haben, vermöge welcher man den Abstand zwischen beiden verändern, und das Bild der Oeffnung in die Ebene des zu untersuchenden Gegenstandes bringen kann. Dieses geschieht vielleicht am zweckmässigsten dadurch, dass man zwei Röhre in einander schraubt." Auch die im „Nachtrag" beschriebene Einrichtung (p. 181-182) sorgt für die Verstellbarkeit sowohl der Linse, als auch der Blendung in der Richtung der optischen Achse des Apparates. Mit obiger Behauptung HARTING's steht übrigens auch eine Bemerkung von ihm ([1], I. Bd., p. 229) in Widerspruch, nach welcher bei der von WOLLASTON empfohlenen Beleuchtungsweise convergirende, noch nicht in einem Brennpunkte vereinigte Strahlen auf das Object treffen sollten.

lichkeit liegt also das Object nicht in dem Focus der Linse, in welchem sich die (von einer entfernten Lichtquelle kommenden parallelen) beleuchtenden Lichtstrahlen vereinigen, sondern in dem zur Entfernung der Blende conjugirten Focus, also ausserhalb des Hauptfocus. WOLLASTON's Beleuchtungsapparat war, wie gesagt, nicht für das zusammengesezte Mikroskop bestimmt.

GORING (bei GORING, C. R. and ANDREW PRITCHARD [1], p. 41-42, **1830** Figur 30) machte 1830 den Vorschlag, einen elliptischen, stets planen Spiegel zu benützen, mit der längeren Achse von vorne nach hinten gerichtet, damit die Projection der Spiegelfläche auf die Objectebene ein Kreis und nicht, wie bei dem kreisrunden Spiegel, eine Ellipse mit von links nach rechts gerichteter langer Achse sei Die Dimensionen, welche GORING seinem Spiegel gab, übertrafen weit die damals und auch heute üblichen, da der Spiegel 4″ zu 5″ mass. MOHL ([1] p. 138) fand dies ganz unnöthig, und so fanden es auch alle Mikroskopverfertiger. Heute ist ein elliptischer und so grosser Spiegel wirklich unnöthig, wenn man einen Beleuchtungsapparat benützt. Damals, wo man noch keine wirklich guten Condensoren besass und überhaupt keine benützte, war ein so grosser Spiegel nicht so ganz unnöthig. MOHL meinte, dass die gegen den Rand gelegenen Theile eines zweizölligen und noch kleineren Spiegels doch nichts mehr zur Beleuchtung beitragen. In Wirklichkeit tragen sie nur dann nichts zur Beleuchtung bei, wenn die untere Oeffnung eines Blendencylinders, der Diaphragmenträger, die Fassung des ausgeschalteten Condensors und andere Vorrichtungen unterhalb des Objecttisches die Spiegel fläche nicht ausnützen lassen. Entfernt man alles, was unter dem Objecttisch den Lichtstrahlen im Wege steht, so kann man die Beleuchtung durch Grössermachen des Spiegels bis zu gewissen Grenzen ganz bedeutend verstärken. Benützt man diffuses Tageslicht, also den Himmel als Lichtquelle, und hat der Objecttisch einen gehörig grossen Ausschnitt und mässige Dicke (wie z. B. der Hartgummi-Tisch oder der kleine Kreuztisch der grossen Modelle von ZEISS), so ist der Durchmesser der ausnutzbaren Spiegelfläche bei Trockensystemen von entsprechender Apertur nur durch den Grenzwinkel des Glases des Objectträgers (oder bei Balsampräparaten des Deckglases) beschränkt. Diesen Grenzwinkel der Einfachheit halber = 41° genommen, könnte der Durchmesser des Spiegels in 8 cm Entfernung von der Objectebene von rechts nach links bis etwa 15 cm gesteigert und dabei immer mehr Licht gewonnen werden. Bei Oelimmersionssystemen ist die brauchbare Grösse des Spiegels nur durch die Dicke des Objecttisches und des Objectträgers beschränkt. Können aber Lichtstrahlen noch unter 80° auf das Object einfallen, so könnte man einen Spiegel von etwa 1 m Durchmesser ausnützen. Natürlich ist das mikroskopische Bild, welches bei Beleuchtung mit grossen Spiegelflächen ohne Diaphragma entsteht, etwas verschleiert; das Diaphragma schränkt aber die ausnützbare Spiegelfläche ein. Ich klebte auf die Unterseite von 1 mm dicken Objectträgern dünnes schwarzes Papier mit einem Loche von 1 mm Durchmesser. Auf diese Weise konnte ich von einem grossen Spiegel, wie eine einfache Rechnung lehrt, eine Fläche von 16 cm Durchmesser von rechts nach links, in 8 cm Entfernung vom Object gemessen, ausnützen, und bekam viel lichtstärkere, reinere Bilder von den auf solchen Objectträgern montirten Objecten, als caeteris paribus sogar mit dem Hohlspiegel von den üblichen Dimensionen

(5 cm für das grosse Stativ von ZEISS). — Auch ein anderer Vorschlag GORING's (l. c. p. 42) ist unverdienter Weise ziemlich unberücksichtigt geblieben. Er liess nämlich die Hinterseite des Spiegels mit Gyps („plaster of Paris") bedecken, da es ihm in manchen Fällen, namentlich wo es auf die Wahrnehmung von Farben ankommt, gut schien, eine reflectirende Fläche zu benutzen, von welcher diffuses weisses Licht ausstrahlt. Mit diesem einfachen Kunstgriff, den man noch vereinfachen kann, war schon damals ein Mittel geboten, welches beinahe denselben Beleuchtungseffect zu liefern vermag, wie etwa ein ABBE'scher Beleuchtungsapparat. Man kann damit allein, wenn nur die weisse Fläche gross genug ist, viel schärfere und in höherem Grade farbenechte Absorptionsbilder bekommen, als mit sämmtlichen Condensoren bis auf den achromatischen von POWELL und LEALAND aus 1878 oder den verbesserten ABBE'schen mit 1·40 Apertur aus demselben Jahre, um von der Benützung des flachen oder auch hohlen Spiegels gar nicht zu reden. Ein Stück weisses Papier, unter dem Objecttisch auf den Fuss des Mikroskops gelegt, kann bei günstiger Sonne in den meisten Fällen sogar für die allerstärksten Systeme jede Beleuchtungsvorrichtung, Spiegel, Condensor und alles ersetzen; für schwache und mittlere Systeme braucht man nicht einmal directes Sonnenlicht, ein heller Tag oder eine AUER'sche Flamme genügt, und das vom Papier diffus reflectirte Licht giebt bei schwächeren Vergrösserungen sogar feinere Farbenbilder als ein unachromatischer ABBE'scher Condensor. Nimmt man zu dem Stück weissen Papiers noch ein Stückchen dünnes schwarzes Cartonpapier und macht daraus Diaphragmen von verschiedener Oeffnung, die man in den Ausschnitt des Objecttisches legt, wodurch man auch ungefärbte Objecte, die schwierigsten Refractionsbilder beobachten kann, so hat man ein Instrumentarium fertig, welches Spiegel und ABBE'schen Apparat für die allermeisten Fälle vollkommen entbehrlich macht. Deshalb werden wir auf diese Methode weiter unten noch zurückkommen.

1831 VARLEY [1] beschrieb 1831 statt der früher üblichen CULPEPER'schen Kegel (s. bei GEORGE ADAMS [1] 1746 p. 18, Figur 9 T,) die heute gebräuchliche Form der Cylinderblende und nannte sie „dark chamber".

1832 DAVID BREWSTER [6] schlug 1832 (eigentlich 1831) einen Beleuchtungsapparat vor, bei dem das Prinzip des Concentrirens der durch eine Sammellinse convergent gemachten beleuchtenden Strahlen, welche vor der Linse parallel gewesen sind, in vollkommenerer Weise durchgeführt ist, als bei dem WOLLASTON'schen Apparat. Er stellte zunächst dasselbe Postulat an die Sammellinse des Beleuchtungsapparates, wie an das Objectiv selbst, dass sie nämlich frei von sphärischer und chromatischer Aberration sei; deshalb wollte er statt der einfachen planconvexen Sammellinse ein aberrationsfreies HERSCHEL'sches Linsensystem benützen. Diesem gab er eine solche Lage, dass die von einer unendlich entfernten Lichtquelle kommenden und von einem Planspiegel reflectirten Lichtstrahlen in der Ebene des Objectes vereinigt werden. Bei einer nicht unendlich entfernten, künstlichen Lichtquelle sollten die divergirenden Lichtstrahlen durch ein ebenfalls aberrationsfreies Linsensystem parallel gemacht werden, bevor sie den Spiegel treffen. Sonst betont er auch, dass das Auge von fremdem Licht geschützt werden und nur dasjenige Licht von der Lichtquelle empfangen soll, welches durch das Object geht oder da-

von reflectirt wird. Auch darauf legt er Gewicht, dass der zur Beleuchtung des Objectes dienende Lichtbüschel einen so kleinen Durchmesser wie nur möglich besitze. WOLLASTON's oben citirte Voraussetzung wiederholt er p. 83 fast mit denselben Worten[1]. Der BREWSTER'sche Beleuchtungsapparat (s. auch bei BREWSTER [7] p. 149, Figur 46) selbst ist zwar wahrscheinlich nie in Gebrauch gekommen (s. bei MOHL [1] p. 140), aber die WOLLASTON'schen und BREWSTER'schen Principien dienten lange als Grundlage für die späteren Beleuchtungsapparate. Die weiteren wesentlichen Momente der Beleuchtung, nämlich der Winkel, den die beleuchtenden Strahlen mit der optischen Achse bilden und die Apertur des Strahlenconus blieben einstweilen noch unberücksichtigt. Wie wir sehen werden, ist auch die These von der Nothwendigkeit, vom Auge jedes Nebenlicht abzuhalten, nur für gewisse Fälle giltig. — C. R. GORING übertrug den WOLLASTON'schen Beleuchtungsapparat auf das zusammengesetzte Mikroskop mit mehreren Modificationen. Die wichtigste ist, dass er die Blende nicht unterhalb der Sammellinse, sondern zwischen dieser und dem Objecte, unverrückbar anbrachte. Die Linse war in einem Tubus auf- und niederzuschrauben (s. bei PRITCHARD [3] p. 170, Figur 15). GORING [1] führte zur selben Zeit die „Test-Objecte" ein, die auch in der Geschichte der Beleuchtungsmethoden eine grosse Rolle spielen. Die erste ausführliche Beschreibung von Test-Objecten befindet sich bei A. PRITCHARD [3] p. 135-161 (besonders Schuppen von *Lepisma*, Schmetterlingen und *Podura*).

1837 Die meisten Rathschläge des „Treatise on the Microscope" von DAVID BREWSTER [7] aus 1837 sind für den praktischen Mikrographen, was die Beleuchtung anbelangt (p. 135-162), völlig unbrauchbar. Die Idee, durch monochromatische Beleuchtung die chromatische Aberration nicht nur bezüglich der zwei extremen Lichtarten, sondern sogar das secundäre Spectrum der achromatischen Linsen zu umgehen, schien zwar sehr plausibel, doch konnte ihre Ausführung den Beifall der massgebendsten Mikrographen nicht gewinnen (s. bei GORING and PRITCHARD [2] p. 73, bei MOHL [1] p. 156-157, bei HARTING [1] Bd. III p. 313-314 etc.). Monochromatische Lampen, Absorption der Lichtstrahlen durch gefärbte Gläser und prismatische Zerlegung des Sonnenlichtes waren die drei Mittel, die BREWSTER empfahl (p. 155); die zwei letzteren fanden auch später, aber in anderer Weise als er sie vorschlug, vielfache Verwendung. Die lichtschwachen Natriumlampen BREWSTER's, rothe Gläser und die Verbindung des Mikroskops mit einem Fernrohrspectroskop waren, wie sie BREWSTER vorschlug, am wenigsten geeignet, der monochromatischen Beleuchtung Freunde zu erwerben. — J. B. READE [4] (bei GORING und PRITCHARD [2], p. 227-231): wohl die erste Methode der Dunkelfeldbeleuchtung. READE stellte den Spiegel oder die künstliche Lichtquelle so weit seitlich vom Objecte, dass die Lichtstrahlen unter einem grösseren Winkel als der halbe Oeffnungswinkel des Objectivs das Object trafen. Dadurch können die durch den Objectträger und durch das Object in unveränderter Richtung durchgegangenen Strahlen nicht in das (bei seinem Verfahren auch unter 45° geneigte) Mikroskop gelangen, wohl aber die-

---

[1]) „In the illumination of microscopic objects, whatever light is collected and brought to the eye beyond that wich is fully commanded by the object-glasses, tend rather to impede than to assist distinct vision."

jenigen, welche durch das Object der Mikroskopachse zugelenkt wurden. Deshalb erscheinen die ablenkenden Objectbestandtheile hell auf dem unbeleuchteten, dunklen Gesichtsfelde („on a jet-black ground“ p. 229).

1838 Der erste nach den WOLLASTON-BREWSTER'schen Principien construirte Beleuchtungsapparat, welcher eine weitere Verbreitung fand, war der von DUJARDIN [1] 1838 beschriebene und „éclairage“ genannte (bei CHEVALIER [1] 1839 noch nicht erwähnt). MOHL [1] p. 141 sagt darüber, dass er bei schwierigen Untersuchungen mit starken, lichtschwachen Vergrösserungen unter allen Beleuchtungsapparaten den ersten Rang einnimmt. DUJARDIN verwendete als Condensor ein wie ein Objectiv gefasstes Linsensystem aus drei achromatischen Linsen, mit der stärksten Linse nach oben. Der Condensor war mit einer Schraube zu heben und zu senken, und er musste so gestellt werden, dass er das Bild eines entfernten Gegenstandes in der Nähe des Horizontes, z. B. eine Thurmspitze in die Ebene des Objectes projicirte, so dass das Bild der Thurmspitze und das Object durch das Mikroskop gleichzeitig deutlich gesehen werden konnten. Zum Reflectiren der Lichtstrahlen in den Condensor benutzte DUJARDIN statt des Spiegels, dessen zweifache Reflexion stören sollte, ein total reflectirendes Prisma. Zur Regulirung des Lichtes diente zwischen dem Fenster und dem Mikroskop ein Schirm aus schwarzer Pappe mit einer runden, mehrere Centimeter messenden Oeffnung, welche durch eine drehbare Scheibe mit mehreren engeren Oeffnungen zu verengen war. Dieser Beleuchtungsapparat war lange Zeit, auf dem Continente bis auf ABBE [5] 1873, der Typus der Beleuchtungsvorrichtungen für die schwierigsten mikroskopischen Aufgaben. Die englischen Mikroskopverfertiger richteten den Apparat so ein, dass in ihn die auch sonst gebrauchten Objectivsysteme eingesteckt werden konnten. Als Regel galt es, dass das Objectivsystem zum Beleuchten benutzt werde, welches dem zur Beobachtung dienenden an Stärke vorhergeht (s. z. B. bei HOGG [1] 1854 p. 54). Das System musste, wie bei der ersten OBERHÄUSER'schen Modification, recht unpraktisch von oben eingesteckt, also das Object erst entfernt werden. Mehrere Schrauben dienten bei ROSS und den anderen Engländern zum Centriren des Systems. Später gab OBERHÄUSER (s. bei MOHL [1] p. 142-143) dem Apparate noch enge Blendungen aus dünnen, im Centrum durchbohrten Metallscheiben bei, die in eine kreisförmige Vertiefung des Objecttisches von oben eingelegt wurden, so dass ihre obere Fläche genau in der Fläche des Objecttisches lag. Auch brachte er den Apparat an einem Schieber an, welcher auf der unteren Seite des Objecttisches zwischen zwei schwalbenschwanzförmigen Leisten eingeschoben wurde, um das eingestellte Object beim Ein- und Ausschalten des Condensors belassen zu können. Für schiefe Beleuchtung sorgte er nur durch die Verstellbarkeit des Spiegels, während AMICI und HARTING ([1] und [6], s. w. u.) auch sonstige Vorrichtungen dafür trafen.

1840 DAVID BREWSTER [8] empfahl 1840 wohl zuerst das elektrische Licht zum Mikroskopiren.

1843 JOHN W. GRIFFITH [1] fand im Gegensatz zu BREWSTER die gelbe Färbung des Kerzen- oder Lampenlichtes beim Mikroskopiren sehr nachtheilig und schlug deshalb 1843 vor, die Strahlen von solchen gelblichen Lichtquellen durch tiefblaues Glas gehen zu lassen. Gelbliches Licht wird durch blaue Gläser in der That angenehmer und günstiger gemacht;

aber GRIFFITH kam zu diesem wichtigen Mittel durch eine ganz falsche Schlussfolgerung, welche nur seine Unerfahrenheit in der Optik verrieth. Er glaubte, dass man monochromatischem Lichte, um es weiss zu machen, Licht von der complementären Farbe dadurch zugeben kann, dass man es durch ein Glas von der complementären Farbe gehen lässt. Und weil er das Lampenlicht für monochromatisch gelb hielt, schlug er blaues Licht vor. Wäre das Lampenlicht wirklich monochromatisch gelb und das Glas monochromatisch blau gewesen, so wären natürlich gar keine Strahlen hindurchgegangen. Blaue Gläser, z. B. Kobaltglas schneiden nur einen Theil des Spectrums des Lampenlichtes, aber gerade den unangenehmen, gelben Theil ab, und deshalb wird das Licht ruhiger, physiologisch günstiger für das Auge und auch für die Untersuchung von ungefärbten, aber nicht allzu zarten Gegenständen geeigneter. Dass die stärker brechbaren, kurzwelligen Strahlen die resolvirende Kraft des Objectivs erhöhen, konnte man damals noch nicht wissen, also den Zweck der heutigen monochromatischen Beleuchtung nicht verfolgen. Bei der damaligen Beschaffenheit der Objectivsysteme wäre dies auch ganz unnütz gewesen. Ging ja die resolvirende Kraft der damaligen Mikroskope nicht einmal bis zur Unterscheidung von Linien in einem Abstand von 0·5 μ (bis zur 10. Gruppe der ersten NOBERT-schen Probeplatte mit 0·000250 pariser Linie = 0·56 μ Abständen, s. bei NOBERT [1] p. 182[1]), sodass ein Panzer von *Pleurosigma* angulatum noch völlig unauflösbar gewesen wäre.

1845 Aus 1845 haben wir zwei Methoden der rasch intermittirenden Beleuchtung für stroboskopische Beobachtungen, um schnelle Bewegungen mikroskopischer Objecte zu einem scheinbaren Stillstande bringen oder scheinbar verlangsamen zu können, zu verzeichnen. Die erste, eigentlich schon aus 1844, ist von DOPPLER [1] und [2]. Sie besteht darin, dass das Licht durch die Löcher einer sich rasch drehenden Scheibe (der Sirene von CAGNIARD DE LA TOUR) zu dem Object gelangt, welches dadurch in regelmässigen, je nach der Nähe der Löcher zu einander und je nach der Schnelligkeit, mit welcher sich die Scheibe dreht, verschieden langen Intervallen für sehr kurze Zeiten belichtet wird. Die Dauer der Belichtung hängt von der Grösse der Löcher und der Drehgeschwindigkeit der Scheibe ab, sie muss aber so kurz sein, dass der sich bewegende Körper während der Belichtung keine merkliche Lageveränderung erfährt; und die Belichtungen müssen mindestens so rasch auf einander folgen, dass ein ununterbrochen fortdauernder Gesichtseindruck vom Beobachter empfangen werde. Dauern die Intervalle der Belichtung gleich lang mit den Perioden der Bewegung, dann wird

---

[1]) Bei NOBERT [1] steht auf p. 175 für die Abstände der 10. Gruppe irrthümlich 0·000225‴, da es ein paar Zeilen weiter oben heisst, dass die Abstände der Linien in der zehnten Gruppe $\frac{1}{4000}$‴ betragen, was 0·000250‴ gleich ist. Dieser Druckfehler ist MOHL [1] unbemerkt geblieben, da er die NOBERT'sche Tabelle p. 190 uncorrigirt abdrucken liess. Ebenso HARTING [1] III. Bd. p. 370, welcher den Werth der Abstände in der Gruppe nach der falschen Zahl 0·000225 auf mm umrechnete und deshalb 0·509 μ statt 0·564 μ bekam.

das Object stets nur in dem Momente sichtbar sein, wo es eben in eine bestimmte Phase zurückgekehrt ist, es erscheint also unbewegt. Hat man demnach die Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe getroffen, bei welcher die Bewegung still zu stehen scheint, so kann man daraus die Dauer einer Bewegungsperiode berechnen (was mit der Sirene besonders leicht ist). Durch gewisse Aenderung des Verhältnisses der Belichtungsintervalle zu den Bewegungsperioden kann es dagegen erreicht werden, dass successive Phasen der Bewegung hintereinander sichtbar werden, welche wegen ihrer raschen Aufeinanderfolge sonst nicht hätten unterschieden werden können[1]. Für eine solche regulirbare, intermittirende Beleuchtung hat ANDR. PRITCHARD [2] p. 137 in demselben Jahre den elektrischen Funken empfohlen, nämlich die Funken eines elektromagnetischen Rades, welches in Quecksilber tauchte. — HARTING [1] (I. Bd. p. 109-111) berichtet, dass sich gleichzeitig auch ALBERT VAN BEEK in Holland mit dem Gegenstand beschäftigte. Er scheint indessen wenig Erfolg gehabt zu haben. Mit elektrischen Funken (denen einer grossen Leydener Flasche) ist es gelungen, die Flimmerbewegung auf dem Rande der Froschzunge zu scheinbarem Stillstande zu bringen, aber die einzelnen Cilien waren nicht zu unterscheiden. Mit der durch ein Räderwerk in rasche Drehung gesetzten durchlöcherten Scheibe ist nicht einmal gelungen, die Cilien zur scheinbaren Ruhe zu bringen. Mit weit grösserem Erfolge wurde die Methode der intermittirenden Beleuchtung viel später von FRIEDRICH MARTIUS [1] 1884, wie wir sehen werden, angewendet. — DONNÉ und FOUCAULT [2] beschreiben ein photo-elektrisches Mikroskop, vielleicht die erste praktische Verwendung des elektrischen Bogenlichtes für mikroskopische Zwecke.

1846 Aus der Mikrographie von HUGO VON MOHL [1] 1846, unstreitig dem bedeutendsten Werke seiner Art in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts, erwähnen wir in Betreff der Beleuchtung Folgendes. Sein beliebtester Beleuchtungsapparat (p. 137) war ein AMICI'scher. Die Sammellinse war bei diesem so angebracht, dass sie an einem am Objecttische befindlichen Stäbchen auf- und abwärts verschoben werden konnte, und sie war an ihrer Fassung mit einer zur Seite zu schiebenden Blendung versehen. MOHL meinte nun, dass man im Gebrauch oder Nichtgebrauch der Blendung, im Auf-

---

1) Unterscheiden wir z. B. in einer periodischen Bewegung, etwa in dem Schlagen der Flimmerhaare, 4 Phasen, welche in je einer Zeiteinheit aufeinander folgen, so dauert die ganze Periode 4 Zeiteinheiten, und die Flimmerhaare kehren nach 4 Zeiteinheiten immer in dieselbe Phase zurück. Wenn nun die Belichtungsintervalle ebenfalls 4 Zeiteinheiten betragen, so erblicken wir die Flimmerhaare immer in derselben Phase, in welcher sie zuerst belichtet wurden. Dauern aber die Belichtungsintervalle 5 Zeiteinheiten, so wird das Object, welches zuerst in seiner ersten Phase belichtet wurde, zum zweitenmal in seiner $(1+5=6=2)$ zweiten, zum dritten mal $(2+5=7=3)$ in seiner dritten, zum vierten mal $(3+5=8=4)$ in seiner vierten, zum fünften mal $(4+5=9=1)$ wieder in seiner ersten Phase belichtet; mit anderen Worten, man erblickt die einzelnen Phasen in ihrer natürlichen Reihenfolge, aber sie scheinen 5mal so langsam aufeinander zu folgen, als in der Wirklichkeit.

und Abwärtsschieben und im Seitwärtsdrehen der Linse, in gleichzeitiger Anwendung der durchlöcherten Diaphragmenscheibe (welche jedoch AMICI an seinem Mikroskop nicht anbrachte) und in der seitlichen Verstellung des Spiegels eine solche Reihe von allmählig in einander übergehenden Modificationen des Helligkeitsgrades und der Richtung der Beleuchtung zur Verfügung habe, dass man damit vollkommen befriedigt sein kann. Nicht einmal dem DUJARDIN'schen Apparat wollte er einen irgendwie bedeutenden Vorzug einräumen. Von natürlichen Lichtquellen fand er einen rein blauen, durchaus wolkenlosen Himmel am günstigsten (p. 145); dagegen liebte er einen ungleich gefärbten Himmel mit schnell vorüberziehenden weissen Wolken infolge des ermüdenden Wechsels von stärkerer und schwächerer Beleuchtung am wenigsten. Da war ihm ein hellgrauer Himmel noch lieber. Die meisten späteren Forscher sind ganz entgegengesetzter Meinung. J. B. CARNOY [1] 1884 sagt p. 54: „La meilleure lumière est sans contredit celle qui est réfléchie par les nuages blancs. Un ciel bleu est défavorable, un ciel gris détestable". In der That ist das Licht der weissen Wolken an und für sich am besten; der Vortheil ihres intensiven weissen Lichtes wird aber durch die Unannehmlichkeit ihres Vorüberziehens mehr als aufgewogen. Für starke Vergrösserungen ist nach meiner Erfahrung die beste natürliche Lichtquelle directes Sonnenlicht, in der weiter unten zu schildernden Weise aufgefangen, oder ein von der Sonne beschienenes Fenster, in welches ein mit dünner, aber dichter, schneeweisser Leinwand stramm überzogener Holzrahmen, mit der Leinwand dicht an das Glas eingelegt ist. Die Leinwand darf aber keine Falten oder Flecke haben, denn diese wirken wie graue Wolken und machen das Licht ungleichmässig, unangenehm. Am bequemsten arbeitet man aber sogar bei Tag und man ist am unabhängigsten mit einer guten Gas- oder Spiritus-Auerlampe. Am Tage ermüdet bei Benutzung dieser künstlichen Lichtquelle das Mikroskopiren sogar weniger, als bei Nacht, wenn das Zimmer sonst dunkel ist. MOHL urtheilt über die künstlichen Lichtquellen überhaupt ganz anders. „Wer irgend einen Begriff von wissenschaftlichen Arbeiten mit dem Mikroskop hat", heisst es auf p. 150-151, „kann über die völlige Unmöglichkeit, dass die Arbeiten eines AMICI, ROB. BROWN, EHRENBERG, MIRBEL, SCHLEIDEN u. s. w. mit künstlicher Beleuchtung hätten zu Stande gebracht werden können, und über die relative Unwichtigkeit dieser Beleuchtung keinen Augenblick im Zweifel sein." Bei den damaligen Lichtquellen, die dem Mikrographen zur Verfügung standen und durch geeignete Beleuchtungsapparate nicht verbessert wurden, hat MOHL entschieden recht gehabt. Mit Kerzen, Oel-, Petroleum- oder ARGAND'schen Gaslampen wären auch wir nicht zufrieden, obwohl die modernen Beleuchtungsapparate sogar diese primitiven Lichtquellen brauchbarer gemacht haben[1]). Wir verfügen aber heute,

---

[1]) An und für sich genügt mit einem ABBE'schen Beleuchtungsapparat sogar eine einzige Stearin-(Milly)Kerze als Lichtquelle selbst für starke Vergrösserungen. Mit dem apochromatischen Objectivsystem von 3 mm Brennweite und 1·40 num. Apertur und mit dem Compensationsocular 8 (ja selbst 12, also bei einer 1000fachen Vergrösserung) bekam ich durchaus genug Licht über das ganze Gesichtsfeld und tadellose Absorptionsbilder, wenn ich die

abgesehen von dem elektrischen Bogenlicht, dem Kalk- oder Magnesiumlicht, welche nur für die Mikrophotographie gewisse Vortheile besitzen, über elektrisches Glühlicht, über Acetylengaslicht und über die Krone aller künstlichen Lichtquellen für Ocularbeobachtung mit Condensor, über AUER'sches Glühlicht. Die Sache hat sich seit MOHL, wenigstens in unseren Klimaten, beinahe umgekehrt: das künstliche Licht wird gerade bei den ernstlichsten wissenschaftlichen Untersuchungen mit starken Vergrösserungen allmählich wichtiger als das Tageslicht. — Geleitet von der Betrachtung, dass man bei schwachen Vergrösserungen durch parallele Lichtstrahlen, wie sie ein Planspiegel giebt, schärfere Konturen bekommt, und dass man bei dem Concavspiegel sehr oft enge Blenden einschalten muss, um einen nur kleinen Lichtkegel, der sich fast wie paralleles Licht verhält, zur Beleuchtung zu benutzen, glaubte NOBERT [1] p. 185 auch bei starken Vergrösserungen mit parallelen Lichtstrahlen, aber, um mehr Licht zu gewinnen, mit „verdichteten parallelen Strahlen“ beleuchten zu müssen, damit man hinreichend scharfe Bilder bekommt. Zu diesem Zwecke brachte er eine kleine Linse von etwa 4''' Brennweite so unter dem Objecttisch an, dass der Brennpunkt der Linse mit dem des concaven Spiegels zusammenfällt, beide aber um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt sind. Da so die vom Spiegel concentrirten parallelen Lichtstrahlen (einer unendlich entfernten Lichtquelle) durch die Linse wieder parallel gemacht wurden, glaubte NOBERT nicht nur mehr Licht zu bekommen, sondern auch kleinere Einzelheiten der Objecte zu erkennen, wie die Beobachtung der Liniengruppen seiner Probeplatte „ohne und mit der Linse am unzweideutigsten“ gezeigt haben soll. Trotz der Lehren der Mikroskoptheoretiker sind wir aber seit NOBERT allmählich darauf gekommen, dass das mehr, was man mit einem engen Büschel von parallelen, noch so verdichteten Lichtstrahlen statt einem Strahlenconus von grosser Apertur sieht, Linsen von tadelloser Definition vorausgesetzt, ein gar nicht nothwendiges, ja unerwüschtes, trügerisches Plus ist und dass die grössere Schärfe durch eine

---

Kerze in 10 cm Entfernung vom Mittelpunkt des Spiegels stellte. Feinste Neurofibrillen erschienen z. B. sehr gut differenzirt (vollkommen schwarz) inmitten der sonstigen Structurbestandtheile (verschiedene Töne von rothviolett, von hell rosaroth bis dunkel kirschroth). Die Intensität des Lichtes blieb noch brauchbar, als ich die Entfernung der Kerze bis zu 50 cm steigerte, aber die Ausdehnung des genügend beleuchteten Theiles des Gesichtsfeldes wurde zu gering. Nur das Flackern der Flamme störte die Beobachtung, und bei naher Stellung der Kerze zum Mikroskop auch die Wärme. Sonst taugte diese eine Kerze als Lichtquelle mehr, als der graue Himmel trüber Tage, an welchen die genannte Linsencombination kaum zu brauchen ist. Für schwächere Vergrösserungen ist eine Kerze, infolge der geringen Ausdehnung der leuchtenden Fläche, natürlich weniger geeignet, als für stärkere; bei den ersteren muss man den Beleuchtungsapparat zu sehr senken, und dann bekommt man keine reinen Absorptionsbilder mehr; oder man schaltet zerstreuende Flächen ein (s. w. u.), und dann genügt die Lichtintensität nicht mehr; ausser etwa bei ganz naher Stellung der Kerze, wo man aber ihre Hitze nicht lange aushalten kann.

Verdunkelung der Linien, welche die Structurelemente in unnatürlichen relativen Dimensionen erscheinen lässt, und durch eine Verdeckung ihrer Farbenunterschiede, welche wir ihnen Dank der modernen Mikrotechnik geben können, erkauft wird. Dieser Einsicht hat das ewige Probiren und wieder Probiren der Linsen an Diatomeen und sonstigen Testobjecten nach englischer Art nur in dem Wege gestanden. Doch werden wir darauf noch zurückzukommen haben.

1847 NACHET [8] construirte ein wie die WOLLASTON'sche Camera lucida zweimal total reflectirendes Prisma für schiefe Beleuchtung, welches in den Tubus für Diaphragmen dicht unter dem Objecttisch einzustecken war. Das von dem Planspiegel in axialer Richtung in das Prisma reflectirte Licht erhielt beim Heraustreten aus dem Prisma durch die zweifache Reflexion im Prisma eine Richtung, welche mit der optischen Achse etwa 30° bildete (s. eine Abbildung davon bei HARTING [1], 3. Bd. p. 307, Figur 143). Den Vortheil der schiefen Beleuchtung sieht NACHET für das Erkennen von sehr zarten und dichten Streifungen darin, dass die Schatten von wenig vorspringenden, durchsichtigen Gebilden vertieft und verschärft werden, indem er p. 976 von den sehr feinen Linien spricht, welche im „directen", soll heissen axialen, Lichte keine merklichen Schatten werfen. Von der eigentlichen Rolle des schief einfallenden Lichtbüschels beim Auflösen von sehr dicht gelagerten Elementen, dass nämlich die schiefe Richtung das Eintreten von wenigstens einem der von dem dioptischen Strahlenbüschel unter grossen Winkel abgebeugten Diffractionsbüschel, neben dem dioptischen Büschel selbst, in die Oeffnung des Objectivsystems ermöglicht, wusste NACHET natürlich ebenso wenig, wie die damaligen und späteren Mikrographen vom Fach bis auf ABBE [2] 1873. Deshalb konnte er es auch für gleichgültig halten, unter welchem Winkel, ob unter 20, 40 oder 30°, die Lichtstrahlen das Object schief treffen. Davon will er sich auch durch Versuche überzeugt haben. Für sein Probeobject („Navicula lineata" p. 977, wohl eine Art der späteren Gattung *Pleurosigma* mit drei Liniensystemen) und für seine Objectivsysteme muss es in der That gleichgültig gewesen sein, ob er unter 20°, wobei das Diffractionsbüschel erster Ordnung und das dioptrische Strahlenbüschel schon gleichzeitig in die Oeffnung des Objectivs hineingingen, oder unter 40° schief einfallendes Licht benutzte, wobei das Diffractionsbüschel zweiter Ordnung noch nicht hineinging. — OBERHÄUSER [1] tadelt das Prisma NACHET's, weil es das Licht gerade in Fällen, wo es vermehrt werden sollte, vermindert und weil es den Einfallswinkel nicht zu variiren gestattet, wie „die Spiegel mit zweifacher Bewegung der Engländer" (p. 1052), welche seitlich aus der optischen Achse gestellt werden können. Von diesen Mikroskopen „à miroir hors de l'axe optique" glaubt er, man hätte sie etwa vor anderthalb Jahren in England erfunden. Diese vermeinte Neuerung, von welcher wir wissen, dass sie damals schon an hundert Jahre alt war (s. oben p. 432 BENJAMIN MARTIN [3] 1776), hat er gleich nachgemacht, und das neue Modell von ihm ist bei MOHL [1] schon ein Jahr früher (p. 138) beschrieben worden.

1848 ALBERT VAN BEEK [1] 1848: die oben p. 441 erwähnten Versuche mit intermittirender Beleuchtung. — Nach QUEKETT [1] (p. 101, Figur 51-54) war schon 1848 an jedem guten englischen Mikroskop ein dem von Du-

JARDIN nachgebildeter „achromatischer Condenser“ angebracht, wie wir ihn weiter oben schilderten (in QUEKETT [1a][1] s. p. 210-213, Figur 120-123), woraus noch nicht folgt, dass sie auch benutzt wurden. Der Condensor, den ich bei einem POWELL & LEALAND'schen Mikroskop aus 1845 untersuchte, giebt, infolge der langen, mit unten enger Oeffnung versehenen Röhre, in welcher der Condensor montirt ist, so wenig Licht, dass man das Mikroskop beinahe besser ohne ihn benutzen kann. Auf p. 131-132, Figur 93-94 beschreibt QUEKETT die Augenschoner („bonnet or hood“) von LISTER und LEONARD.

1849 JEAN ANT FR. PLATEAU [2] reclamirt 1849 die Priorität der Idee des oben besprochenen stroboskopischen Verfahrens von DOPPLER für sich, kennt aber die Originalität der Ausführung, der Methode der intermittirenden Beleuchtung an.

1850 Um das zu dem Object zugelassene Licht sehr allmählich abstufen zu können, bringt AL. BRYSON [1] 1850 zwei NICOL'sche Prismen unter dem Objecttische an, von welchen das eine sich um die in die optische Achse des Mikroskops fallende Achse drehen kann. Stehen die Polarisationsebenen beider Prismen parallel, so wird (abgesehen vom sonstigen Verlust beim Durchgang) die Hälfte des vom Beleuchtungsspiegel in die Prismen reflectirten Lichtes hindurchgelassen; stehen sie unter rechtem Winkel aufeinander, so wird gar kein Licht zu dem Objecte gelangen können. Zwischen diesen beiden Stellungen sind alle möglichen Abstufungen der Beleuchtung zu erzielen. Die Vorrichtung ist doch nicht brauchbar, weil die damit zu bekommende maximale Beleuchtung viel zu schwach ist. Heute wäre sie durch die Irisdiaphragmen so wie so überflüssig geworden, aber es existirte schon damals längst eine Vorrichtung, welche DOLLOND seinen Mikroskopen beigegeben hatte und welche dieselben Dienste leistet, wie ein Irisdiaphragma. Sie wurde leider ganz vergessen. Eine Beschreibung davon findet sich bei HARTING [1], III. Bd. p. 317-318, Figur 149-150. Zwei Platten unter dem Objecttisch mit je einem entgegengesetzten rechtwinkligen Ausschnitt sind übereinander durch ein gezahntes Rad zu verschieben, so dass die quadratische Oeffnung, welche die rechtwinkligen Ränder der Ausschnitte miteinander bilden, nach Belieben allmählich vergrössert oder ganz verdeckt werden kann. Ich glaube, eine solche Vorrichtung, in der Ebene des Objecttisches oben angebracht, könnte die sehr heiklen und theueren gewölbten Irisdiaphragmen über dem ABBE'schen Beleuchtungsapparat (hier nicht ganz zutreffend Iriscylinderblenden genannt), welche ZEISS seit 1895 liefert (s. CZAPSKI [6]), vortheilhaft ersetzen (s. hierüber auch w. u.). — P. HARTING [6] beschreibt eine von NACHET construirte Beleuchtungsvorrichtung, welche er später modificirte und verbesserte. Sie ist als HARTING'scher Beleuchtungsapparat bekannt geworden (s. bei HARTING [1], III. Bd. p. 319-322, Figur 151-154, und auch w. u.). — In diesem Jahre soll (nach E. M. NELSON [1] p. 92) der sogenannte GIL-

---

[1]) In dieser HARTMANN'schen Uebersetzung sind ganze Kapitel der MOHL'schen Mikrographie wörtlich abgedruckt, kritiklos mit dem QUEKETT-schen Texte gemischt, und machen den grösseren Theil des Buches aus. Einzelne Stellen sind auch aus J. VOGEL [1] 1841 eingeflochten.

LETT'sche Condensor kurz „Gillett" in England eingeführt geworden sein, welcher mit zahlreichen Modificationen lange Jahre, bis etwa zur Einführung des POWELL- & LEALAND'schen aus 1878, am meisten gebraucht wurde, insofern man damals in der mikrographischen Praxis Condensoren überhaupt benutzte. Wo er zuerst beschrieben ist, weiss ich nicht. In seiner ersten Auflage aus 1854 erwähnt ihn der später so verbreitete J. HOGG [1] noch nicht, dagegen befindet sich die Abbildung (Figur 85) des ursprünglichen Gillett in der dritten Auflage von QUEKETT [3] aus 1855 auf p. 137 in natürlicher Grösse. Der GILLETT'sche Condensor ist das erste achromatische Linsensystem (aus drei Paar achromatischen Linsen) in England, welches eigens für Beleuchtungszwecke construirt wurde; früher steckte man, wie gesagt, Objectivsysteme in den Condensorträger. Die ursprüngliche Apertur des Gillett soll 0·80 gewesen sein (nach E. NELSON [1] p. 92 nur 0·65). Sonst ist er natürlich sehr complicirt gebaut. Ich erwähne nur, dass die Diaphragmenöffnungen nicht eine drehbare Scheibe, sondern ein drehbarer Metallstreifen trägt, welcher ringförmig und etwas conisch zusammengebogen ist. Indessen begannen die POWELL- & LEALAND'schen Condensoren bald mit dem Gillett zu wetteifern und wurden ihm von einigen Autoren bald vorgezogen (s. z. B. THOMAS INMAN [1] 1854). — F. C. DONDERS [1] setzt die Vortheile einer Fensterscheibe aus matt geschliffenem Glas, auf welches die Sonne direct scheint, für mikroskopische Untersuchungen auseinander. (Ihm stimmt HARTING [1] I. Bd. p. 249 bei, nur will er die Scheibe in einem auf- und niederschiebbaren Rahmen anbringen.) In der That ist das eine sehr gute Lichtquelle, aber die weiter unten zu besprechenden Methoden der Verwendung des diffus gemachten Sonnenlichtes sind doch vorzuziehen, ausser bei sehr starken Vergrösserungen mit dem Condensor.

1851

Die erste Auflage des später in Deutschland so viel gebrauchten Werkes: „Das Mikroskop und seine Anwendung etc." von HERM. SCHACHT [1] aus 1851 bekundet, insofern sie sich nicht an MOHL's Mikrographie anlehnt, eine auch für die damalige Zeit zu geringe Kenntniss der Theorie und der Hilfsmittel des Mikroskops. Irgend welche Bewandertheit in der Geschichte der Mikrographie suchen wir dort vergebens; allerdings finden wir eine solche auch in späteren Werken, bis auf HARTING nicht; sie fehlt aber auch in den neueren Arbeiten über Mikrotechnik, weil das „Mikroskop" von HARTING ([1] 1866) so ziemlich wieder in Vergessenheit gerathen zu sein scheint. Auch für SCHACHT (p. 10) ist z. B. OBERHÄUSER der Erfinder der Cylinderblenden (statt VARLEY [1] 1831, ja CULPEPER und SCARLET vor der Mitte des XVIII. Jahrhunderts, s. bei GEORG ADAMS [1] 1746 und oben p. 431 und 438), AMICI zeigte zuerst die Wichtigkeit der schiefen Beleuchtung (p. 11, statt BENJAMIN MARTIN [3] 1759, GEORG ADAMS [2a] 1787 unter mehreren Anderen) u. s. w. Bei SCHACHT heisst es (p. 35), wie bei MOHL [1] „wer sein Auge lieb hat, sollte bei Abend niemals mikroskopische Untersuchungen vornehmen." Eine unserer schönsten Lichtquellen, den erwähnten Schirm von schneeweissem, dichtem und dünnem Zeug, welchen man vor das von der Sonne beschienene Fenster zieht, scheint man zwar in Deutschland damals schon benützt, aber nicht besonders gewürdigt zu haben. „Wer des Vormittags und Mittags mit dem Mikroskop arbeitet," sagt SCHACHT p. 34,

„hat deshalb“ wegen des ungünstigen directen Sonnenlichtes „ein nach Osten oder Süden gelegenes Zimmer zu vermeiden; durch weisse Rouleaux oder Gardinen kann man jedoch dem Uebel ziemlich abhelfen.“ Diese Voreingenommenheit gegen Zimmer nach Süden ist trotz der vernünftigen Rathschläge HARTING's ([1] 1. Bd. p. 251) heute noch bei den meisten Mikroskopikern zu finden. Ich ziehe gerade solche Zimmer bei Weitem vor (s. w. u.).

1852 GEORG SHADBOLT [2] und [3] 1852 beschäftigt sich mit dem NACHET-schen Prisma für schiefe Beleuchtung, und zwar mit der Form, bei welcher auf die dem Object zugekehrte schräge Fläche eine Sammellinse geklebt ist, um die durch das Prisma gegangenen Strahlen in einen Focus in der Objectebene zu vereinigen. Er liess sich auf Grund von Berechnungen, die er ([2] p. 75-76 und [3], Figur 3-7) mittheilt, ein solches construiren (Figur 1 und 2 auf p. 77 von [2]), welches den Lichtstrahlen eine Neigung von 45^0 gegen die optische Achse ertheilt, und dieses liess er mit Schrauben zum Heben und Senken und zum Centriren, wie die englischen Condensoren sie besassen, versehen. Damit hat er Feinheiten der Structur (z. B. die Streifen von Navicula angulata [*Pleurosigma* angulatum] etc.) sehen können, von elchen er früher keine Ahnung hatte. Auch NACHET selbst scheint gegen seine frühere Ansicht, wohl auf Anregung seiner Kunden (unbekümmert um den Grenzwinkel des Glases von 41^0, welcher eine so grosse Neigung ohne Immersion nicht verwerthen lässt), solche Prismen für 45^0 Neigung verfertigt zu haben, wie ich es aus einer Notiz von ihm [9] aus 1850 ersehe. — Bei F. H. WENHAM [2] finde ich (aus 1850, erschienen 1852) die erste, etwas eingehendere theoretische Behandlung der schiefen Beleuchtung und der Bedeutung der grossen Apertur des Beleuchtungskegels. Zu nächst hat er die chromatische Aberration und die Lichtarmuth des NACHET'schen Prismas dadurch zu verbessern gesucht, dass er es auch unten mit zwei Sammellinsen zum Concentriren der in das Prisma eintretenden Lichtstrahlen verband; die untere war eine achromatische Combination, die obere legte er in eine entsprechende Concavität der Basis, und die Linse über dem Prisma in eine solche des oberen Endes des Prismas, und er wählte die Krümmungen der zwei letzteren Linsen aus Kronglas derart, dass sie mit dem Flint-Prisma auch eine achromatische Combination ergaben (p. 83, Fig. 1, Taf. XIV). Durch die Beobachtung von (für die damalige Zeit) schwierigen Testobjecten (*Pleurosigma* angulatum, *Podura*-Schuppen) kam er aber zu der Ueberzeugung, dass eine einseitige schiefe Beleuchtung principiell falsch sei. Namentlich ruft sie Verzerrungen in den Zeichnungen hervor, welche durch die von ihnen geworfenen Schatten verlängert erscheinen können, und sie verursacht auch farbige Verschwommenheit der Konturen infolge der Dispersion des Lichtes durch die Kanten des Objectes: Nachtheile, welche die Brauchbarkeit der einseitigen schiefen Beleuchtung in der That sehr herabsetzen und eine sehr sorgfältige Kritik der so gewonnenen Bilder erfordern. Damit nun keine Schatten in der Richtung der schiefen Lichtstrahlen geworfen werden, versuchte WENHAM in zwei entgegengesetzten Richtungen schiefes Licht dem Object zuzuführen. Dies wäre durch die Combination von zwei NACHET'schen Prismen zu erreichen, und zwar wäre die Wirkung besonders dann gut, wenn die axialen parallelen oder minder geneigten Strahlen vom Object abgehalten wären.

Einen solchen Apparat hat er nun nicht ausführen lassen, construirte aber einen andern, bei welchem die grosse Neigung und die Achromasie auf eine einfachere Weise und vollkommener erreicht ist. Er wollte den Strahlen eine grössere Neigung zur optischen Achse ertheilen, als die halbe Oeffnung des Objectivs, damit nur solche zu dem Objecte gelangen, welche ungebrochen nicht in das Objectiv eintreten können. Er glaubte nämlich, dass die Zeichnungen der Testobjecte deshalb besser bei schiefer Beleuchtung zu sehen sind, weil dann keine grössere Menge Lichtes durch das Object in das Objectiv gelangt, als gerade nothwendig ist zum deutlichen Sehen der Structur; die beste Beleuchtung für solche Zwecke wäre also dann erreicht, wenn die durch das freie Gesichtsfeld gehenden Lichtstrahlen vollkommen ausgeschlossen und von den durch das Object gehenden nur diejenigen zur Bilderzeugung zugelassen wären, welche durch Reflexion oder Refraction durch die Objectbestandtheile eine Verminderung ihrer Neigung erfahren, die sie in das Objectiv eintreten lässt. Dadurch wird die Objectstructur auf schwarzem Grunde wie selbstleuchtend erscheinen. So kam WENHAM zur Idee der Dunkelfeldbeleuchtung; dass diese Methode der Beleuchtung, aber ohne besonderen Apparat, schon von READE (s. oben p. 439) eingeführt wurde, scheint er damals noch nicht gewusst zu haben Jedenfalls erfreute sie sich erst seit WENHAM grösserer Beachtung. Sein Apparat, später WENHAM's Paraboloid genannt (z. B. bei HARTING [1], 3. Bd. p. 309, ja schon bei SHADBOLT [4]), bestand aus einem nach Art der Condensoren unter dem Objecttisch anzubringenden, versilberten, parabolischen Reflector; der Scheitel des Paraboloids ist in der Weise abgetragen, dass sein Brennpunkt in die obere Fläche eines Objectträgers von bestimmter Dicke, also in die Objectebene fällt. Die untere Oeffnung des Paraboloids ist mit einer dünnen Glasplatte verschlossen. Die Mitte der Glasplatte ist schwarz belegt und auf dem schwarzen Belag steht noch ein aussen geschwärzter Hohlcylinder, welcher beinahe in die durch den Abschnitt entstandene obere Oeffnung des Paraboloids hineinragt und allen nicht von der parabolischen Fläche reflectirten Lichtstrahlen den Zutritt zur Oeffnung versperrt. In diese Oeffnung ist eine concav-convexe Sammellinse eingelegt, mit der Aufgabe, die reflectirten, in einen Punkt convergirenden Lichtstrahlen sphärisch und chromatisch zu untercorrigiren und so die durch die Glasschichte des Objectträgers erfolgende Uebercorrigirung[1] zu compensiren

[1]) Infolge der Einschaltung des Objectträgers können sich die Lichtstrahlen nicht mehr in dem Brennpunkte des Paraboloids vereinigen, sondern über dem Brennpunkte und zwar um so höher, einen je grösseren Winkel sie mit der auf die Glasplatte gefällten Normalen, hier mit der optischen Achse, bilden; ausserdem werden von den durch das Glas dispergirten Lichtstrahlen die violetten ebenfalls höher als die rothen vereinigt. Eine solche Verschiebung der Lichtstrahlen in der Richtung der optischen Achse statt ihrer Vereinigung in einem Punkte pflegt man bei den Linsen Uebercorrigirung zu nennen. Eine Verschiebung der Strahlen im entgegengesetzten Sinne, eine Untercorrigirung, findet durch die concav-convexe Sammellinse statt: die schiefer einfallenden und stärker brechbaren Strahlen werden tiefer, die minder schiefen und weniger brechbaren höher, aber alle unter

und die Vereinigung der parallelen Strahlen in einem Punkte zu sichern. Die parallelen Lichtstrahlen gelangen (entweder direct oder von einem Planspiegel reflectirt) durch zwei diametral entgegengesetzte runde Oeffnungen einer drehbaren Scheibe unter dem Paraboloid zur reflectirenden Fläche, welche also zwei entgegengesetzte schief gerichtete Lichtkegel zu dem Object sendet (Figur 3, Taf. XIV). Und wenn der halbe Oeffnungswinkel des gebrauchten Objectivs kleiner ist, als der Winkel der Achsen der Beleuchtungskegel mit der optischen Achse, so entsteht Dunkelfeldbeleuchtung. Die durch die Achsen der Lichtkegel gelegte Ebene muss (mehr oder weniger genau) vertical sein auf der Richtung der Streifen etc, die man unterscheiden will. Die Vortheile der von WENHAM eingeführten zweiseitigen Dunkelfeldbeleuchtung (die von READE versuchte könnte man einseitige Dunkelfeldbeleuchtung nennen) sind nach ihm die folgenden. Erstens erscheint das Object in seinen natürlichen Farben, weil es nur in den Farben gesehen werden kann, welche es selbst reflectirt oder hindurchlässt; zweitens werden die Konturen nicht wie bei directer Beleuchtung durch Säume von Interferenzfarben getrübt. Drittens beleuchten die schrägsten Strahlen der beiden Lichtkegel, welche miteinander bis zu 170° bilden können, besonders die Erhabenheiten der Testobjecte, während die Vertiefungen im Schatten bleiben, und deshalb wird die Zeichnung der Testobjecte, die ja nach WENHAM's damaliger Meinung in Erhabenheiten oder Vertiefungen besteht (p. 89), besser gesehen, als wenn sie auch durch die axialen Strahlen überall gleichmässig beleuchtet wird. Viertens sind auch die natürlichen Lichtbrechungsdifferenzen des Objectes auffälliger, denn die einzelnen Bestandtheile treten je nach dem Grade ihrer Brechung mehr oder weniger hell auf dem dunkeln Grunde auf, am hellsten die am stärksten brechenden, weil diese auch die schiefsten Lichtstrahlen in das Objectiv zu lenken im Stande sind (ihre dazu geeignete Form vorausgesetzt), also mit dem meisten Licht im mikroskopischen Bilde erscheinen. Viel trägt dazu meiner Ansicht nach noch der Umstand bei, dass in einer dunkeln Umgebung viel geringere Helligkeitsunterschiede wahrnehmbar sind, als in einer stark beleuchteten, weil ja die Zunahme oder die Abnahme des Reizes, wenn sie als solche empfunden werden soll, in einem gewissen constanten Verhältniss zu der Quantität des zu steigernden oder zu vermindernden Reizes stehen muss. Die Helligkeitskontraste der einzelnen Theile des Objectes werden durch die starke, unter verschiedenen, bis zu möglichst grossen Winkeln erfolgende allseitige Beleuchtung verwischt; darin irrte sich aber WENHAM, dass diese auch die Farbenkontraste vernichtet (p. 89). Letztere treten, am besten in einem farblosen, weissen Gesichtsfelde, dann am reinsten hervor, wenn die Helligkeitskontraste durch eine starke Beleuchtung von der dem Objectiv angemessenen grössten Apertur vollkommen ausgelöscht sind, wie wir schon oft betont haben und auch des weiteren noch beweisen werden. Indessen werden wir auch zum Hervorheben der Helligkeitsunterschiede

---

dem Brennpunkte des Paraboloids vereinigt. Bei geeigneter Krümmung und Lage der Linse kann also die Wirkung eines Objectträgers von bestimmter Dicke annähernd paralysirt werden und die Vereinigung der Lichtstrahlen in dem Brennpunkte des Paraboloids über dem Objectträger erfolgen.

(der Lichtbrechungsdifferenzen) bessere Hilfsmittel kennen lernen, als die Dunkelfeldbeleuchtung, welche übrigens in der von WENHAM eingeführten Form wieder besser ist, als die heute übliche allseitige Dunkelfeldbeleuchtung (Einlegen einer Sternblende in den Diaphragmenträger des ABBE'schen Beleuchtungsapparates etc.), weil sie der Methode, auf die wir hinzielen, am nächsten steht. Und diese Methode ist die Beleuchtung mit einem seitlich stark abgeplatteten, aber sonst weit geöffneten Lichtkegel (vielleicht passender L i c h t k e i l zu nennen). — Als billigen und einfachen Ersatz für WENHAM's Paraboloid schlug G. SHADBOLT [4] zuerst (26. Juni 1850) einen Ringcondensor („annular condenser") vor. Dieser besteht aus einem Glasring, welcher so unter dem Objecttische anzubringen ist, dass die optische Achse vertical durch sein Centrum geht. Ein axialer Durchschnitt des Ringes zeigt Dreiecke, deren nach unten gekehrte Basis vertical auf der optischen Achse steht. Die der Achse zugewendete, innere und die äussere Seite des Dreiecks bilden mit einander einen Winkel, welcher um so viel grösser als 45° sein muss, wie der durch die äussere Seite und die optische Achse gebildete spitze Winkel kleiner als 45° ist. Nur so treffen die mit der optischen Achse parallelen Lichtstrahlen nach ihrer Reflexion durch die äussere Fläche des Ringes die innere Fläche desselben unter rechtem Winkel und werden also nicht gebrochen. Die optische Achse treffen aber die Lichtstrahlen unter einem doppelt so grossen Winkel, wie der, den die reflectirende Fläche mit ihr bildet. Der directe Weg der Lichtstrahlen zu dem Object ist wohl durch eine in die untere Oeffnung des Ringes einzulegende schwarze Scheibe zu versperren gewesen. Mit diesem Condensor ist zwar zu erreichen, was SHABOLT besonders bezweckte: alle Strahlen treffen die Objectebene unter demselben Winkel; letztere wird aber nicht von Strahlenkegeln, wie bei dem WENHAM'schen Paraboloid, sondern nur von den in der Mantelfläche eines stumpfen Kegels verlaufenden Strahlen getroffen, also viel zu wenig beleuchtet. Dem wird, allerdings um den Preis einer grossen sphärischen und chromatischen Aberration, durch die von SHADBOLT [5] später (19. März 1851) vorgeschlagene Construction abgeholfen, welche er „Sphaero-annular condenser" nannte. In dieser ist die reflectirende Fläche durch die convexe Fläche einer planconvexen, mit der ebenen Fläche nach unten gerichteten Linse repräsentirt, in deren Scheitel eine Concavität von einer Krümmung eingeschliffen ist, deren Centrum der Schnittpunkt der Objectebene mit der optischen Achse ist, so dass die gegen diesen Punkt gerichteten reflectirten Strahlen beim Heraustreten aus der Linse keine Brechung erleiden. Das Centrum der convexen Fläche liegt seitlich, ausseraxial. Der Boden der Concavität ist zum Abhalten der axialen und der minder schiefen Strahlen mit einer opaken Substanz gefüllt. (Die Construction auf p. 158, Figur 1 und 2, giebt den Weg der Strahlen falsch an, als ob sie wirklich in einen Punkt convergirten und keine sphärische Aberration erlitten.) Die englischen Firmen gaben zu ihren kleinen Mikroskopen statt des SHADBOLT'schen Condensors beinahe hemisphärische, kleine planconvexe Linsen, auf deren nach oben gekehrte ebene Fläche in der Mitte eine schwarze Scheibe geklebt war (spotted lens, kettledrum lens). Bei diesen ist die sphärische Aberration natürlich noch grösser, aber sie leisten doch beinahe dasselbe. Darin hat jedoch SHADBOLT ([5] p. 157)

recht, dass man zu Objectiven mit verschiedener Apertur verschiedene Condensoren für Dunkelfeldbeleuchtung benützen sollte, nur ist die Motivirung davon nicht ganz richtig. Er glaubte sich nämlich überzeugt zu haben, dass der Dunkelfeldcondensor dann die besten Dienste beim Auflösen von schwierigen Structurverhältnissen leiste, wenn der Winkel, unter dem die Lichtstrahlen die optische Achse schief treffen, nur etwas grösser als der halbe Oeffnungswinkel des Objectivs ist, weil dadurch die Dunkelfeldbeleuchtung bereits gesichert ist, aber das Licht noch nicht allzusehr durch einen übermässig schrägen Einfall der Strahlen diluirt wird. In Wirklichkeit muss die Grösse des Einfallswinkels bei Dunkelbeleuchtung wenigstens den Eintritt des Diffractionsbüschels erster und zweiter Ordnung in das Objectiv sichern, also eventuell bedeutend grösser sein als der halbe Oeffnungswinkel, wenn das Bild einer Structur sichtbar werden soll, welche eine grosse Divergenz der Diffractionsbüschel von dem dioptrischen Strahl und von einander verursacht. Noch grösser darf der Einfallswinkel allerdings nicht sein, aber deshalb nicht, weil dann auch das Diffractionsbüschel erster Ordnung schon aus der Apertur heraustreten kann, und die Lichtintensität des Büschels zweiter Ordnung in Zusammenwirkung mit dem Büschel dritter Ordnung zum Erzeugen eines wahrnehmbaren Bildes eventuell nicht mehr genügt. — GEORGE C. HANDFORD [1] empfiehlt zum Mikroskopiren bei grellem Lampenlicht einen „weissen Spiegel", welcher aus dünnem, concavem Glas von drei Zoll Durchmesser besteht, dessen Hinterfläche mit Gyps dergl. überzogen ist. Denselben Dienst leisten auch concave Scheiben von polirtem Marmor, Milchglas oder gut glasirtem Porzellan. Sie reflectiren auch Lichtstrahlen, welche in einen Focus zu vereinigen sind, während ähnliche mattweisse Scheiben nur diffuses Licht zurückstrahlen, welches höchstens für ganz schwache Vergrösserungen genügt. HANDFORD's Vorschlag vereinigt aber auch die Nachtheile der versilberten Spiegel mit denen der matten weissen Flächen. Besser ist der von POWELL & LEALAND um dieselbe Zeit eingeführte „White cloud Illuminator": eine mit Gyps belegte plane Scheibe, mit welcher eine verstellbare Sammellinse verbunden ist, um die Lichtstrahlen in die Objectebene zu concentriren (s. bei CARPENTER [1] p. 128, Figur 38).

1853 J. L. RIDDELL [1] legt 1853 einen aussen und innen so facettirten Glasring auf die oberste Linse des Objectivsystems, dass die Facetten verlängert unter rechtem Winkel aufeinanderstossen würden, mit der optischen Achse aber 45° bilden. Da die Facetten nach oben sehen, so werden die mit der Achse parallelen Randstrahlen, die durch das Objectivsystem kommen, von der äusseren Facette rechtwinkelig gegen die innere Facette und von dieser wieder parallel mit der Achse zurück in das Objectivsystem reflectirt, um von diesem auf das Object concentrirt zu werden. Auf diese Weise erfolgt auch bei starken Vergrösserungen eine Beleuchtung des Objectes mit auffallendem Licht (s. die späteren Vertical-Illuminatoren). Dieses Licht kann aber kaum hinreichend gewesen sein; auch wird durch den Glasring die Apertur des Objectivsystems bedeutend eingeengt. Die hauptsächliche Ursache jedoch, weshalb diese Methode keinen praktischen Werth hat, ist wohl der Umstand, dass man sehr selten in die Lage kommt, so kleine Objecte, welche das objective Gesichtsfeld eines stark vergrössern-

den Systems nicht ganz einnehmen (und nur solche kann man nach dieser Methode beleuchten), bei auffallendem Lichte beobachten zu müssen; und wenn man doch in diese Lage kommt, so kann man sich mit leichter zu beschaffenden Mitteln helfen, wie wir gleich sehen werden. Ein achromatisches Doublett in Verbindung mit einem ähnlichen, aber grösseren Ring mit parallelen Facetten würde auch einen guten Condensor abgeben, wie RIDDELL glaubt, aber nicht versucht hat. — SAM. HIGHLEY [2]: ein ARGAND-scher Gasbrenner zum Mikroskopiren mit blauem Cylinder, rauchfarbigem Schirm und Reflector, in Verbindung mit einer Sammellinse und mit einem weissen Concavspiegel am Mikroskop, wie der von HANDFORD. Die Einrichtung wurde von HARTING ([1] 3. Bd. p. 335) zwar gelobt, hat sich aber auf dem Continente nie verbreitet. Achromatisch, wie sich HIGHLEY ausdrückt, ist dabei das Licht keineswegs. Die neuen Beleuchtungsapparate würden solche Einrichtungen überhaupt überflüssig machen, sogar wenn es die noch am ehesten achromatisch zu nennenden AUER'schen Brenner nicht für sich schon thäten. Wir werden zwar auch andere ähnliche Lampen noch zu erwähnen haben, bemerken aber von vornherein, dass sie durch das AUER'sche Licht alle überflüssig geworden sind, besonders seit der Einführung der Spiritus-Auerlampen, welche die grossen Vortheile dieses Glühlichtes auch dort zur Verfügung stellen, wo es keine Gasleitung giebt. In Ländern, in welchen wissenschaftliche Institute für wissenschaftliche Zwecke steuerfreien Alkohol beziehen können, ist eine Spiritus-Auerlampe auch nicht theurer, als eine Petroleumlampe, weil man die Flamme, wenn man das Mikroskopiren unterbricht, ohne sie auszulöschen so klein dreht, dass der Brenner beinahe nichts verzehrt; und durch eine Umdrehung hat man die Flamme sofort wieder gross und das Licht zum Fortsetzen der Beobachtung fertig. In meinem Mikroskopirzimmer, wo ich kein Gas einleiten will, benütze ich eine solche Lampe seit drei Jahren, und sie functionirt heute noch ebenso gut, wie anfangs. Auch die Strümpfe genügt es, wenn sie echt sind, jährlich zweimal an der Lampe zu erneuern. Die in letzter Zeit eingeführten Petroleum-Auerlampen dürften noch billiger sein; diese kenne ich eben noch nicht. Ich habe bereits erwähnt, dass die Lichtstärke der Spiritus-Auerbrenner nur ganz wenig oder garnicht der der Gas-Auerbrenner nachsteht; mir scheint es sogar, dass sie weniger rasch nachlässt. — GEORGE RAINEY [8] will in einer schon 1853 (22. Juni) gemachten, aber erst 1854 erschienenen Mittheilung Gas- oder Lampenlicht dadurch beinahe noch geeigneter machen als Tageslicht, dass er es durch ein Stück dunkelblaues (nicht rötliches), ein Stück blasses blaues, etwas grünliches Glas und zwei Stücke dickes weisses Spiegelglas, welche mit Canadabalsam zusammengekittet sind, filtrirt. Er meint, das unangenehme und Schädliche des künstlichen Lichtes, ebenso wie des directen Sonnenlichtes, komme von den ultrarothen Wärmestrahlen und gewissen farbigen Strahlen; diese glaubt er durch seine Glascombination auszuschliessen und das hindurchgetretene Licht zu weissem Lichte zu complementiren (ebenso falsch, wie seinerzeit J. W. GRIFFITH [1], s. oben p. 440). Interessant finde ich seine Bemerkung, dass das künstliche Licht bei Benutzung des achromatischen Condensors noch viel unangenehmer ist, als einfach mit dem ebenen oder concaven Spiegel. Daraus ersehe ich, dass entweder sein „Gillett“ sehr schlecht gewesen ist, oder er

ihn nicht zu benützen verstand; denn man kann, wie oben erwähnt, mit einem guten und richtig gebrauchten Condensor sogar bei dem Lichte einer einzigen Kerze mit starken Vergrösserungen mikroskopiren, ohne von der Grellheit des Lichtes besonders zu leiden. Aehnliche Erfahrungen, wie die von RAINEY, dass der Condensor bald hier, bald dort versagte, müssen mit die Ursache gewesen sein, warum die Condensoren nicht recht in Gebrauch gekommen sind, und dass so lange Zeit auch in England der HARTNACK'sche Typus als das richtige histologische Mikroskop galt, welches mit Trockenlinsen von geringer Apertur und einem kleinen Concavspiegel gebraucht werden solle (s. auch CARPENTER [2] p. 256). Noch mehr hat aber der Umstand dem Gebrauch der Condensoren im Wege gestanden, dass die meisten histologischen Präparate wirklich auch nicht geeignet waren, die Vortheile einer Condensorbeleuchtung fühlbar zu machen: bei nicht ganz richtiger Anwendung verschleierte diese im Präparat auch das, was sonst zu sehen war. Wie gesagt, musste die Aera der electiven Färbungen kommen, damit der Condensor wirklich ein praktisches Bedürfniss erfülle.

1854 GEORGE RAINEY [1] bespricht 1854 die Wirkung des GILLETT'schen Condensors und des WENHAM'schen Paraboloids an der Hand der Auflösung von *Pleurosigma* angulatum (schon so genannt, p. 7), des allgemein benutzten, besten Objectes „zum Prüfen der Vorzüglichkeit sowohl der Linsen als auch der Condensoren"[1], und der Beobachtung von Kügelchen aus Quecksilber, Oel, Kalk etc. Bei Beleuchtung mit dem Hohl- oder Planspiegel ohne Condensor, oder auch mit dem GILLETT'schen Condensor, aber bei alleiniger Zulassung der Achsenstrahlen („direct light" im Gegensatz zu „oblique light") soll mit einem System von $^1/_8$" Focus und 150° Oeffnungswinkel nichts von der Zeichnung zu sehen gewesen sein. Dazu muss ich übrigens zunächst bemerken, dass RAINEY's Linse ein sehr schlechtes Definitionsvermögen besessen haben muss, da heutzutage ganz gewöhnliche Objectivsysteme von viel geringerer Apertur (so z. B. [7a] von REICHERT) *Pleurosigma* angulatum bei ähnlicher Beleuchtung de facto lösen. Bei schiefer Beleuchtung oder bei Einsetzen eines weiten Diaphragmas in den Condensor erschienen, sagt RAINEY (pag. 8), die parallelen Streifen. Diese Wirkung der schief einfallenden Strahlen erklärt er nun aus ihrer totalen Reflexion durch die mit schwächer (oder wie Luft) brechenden alternirenden stark brechenden Bestandtheile des Panzers, da letztere deshalb schwarz, als dunkle Streifen, die die schiefen Strahlen nicht hindurchlassen, erscheinen müssen. Die Erklärung ist für die Wirkung des schiefen Lichtes (und eines weiten Lichtkegels, s. w. u. J. W. STEPHENSON [4] 1886), wie wir wissen, im allgemeinen zwar nicht richtig, für den gegebenen Fall, wo die Linse infolge ihrer Apertur schon bei axialer Beleuchtung die Structur lösen könnte, würde sie aber zutreffen, wenn es sich erstens um eine Structur handelte, welche zu grob ist, um eine nennenswerthe beugende Wirkung auszuüben, und zweitens, wenn diese Structur in dem Vorhandensein eines Systems von Spalten in einem stark brechenden, nach oben und unten planparallel begrenzten Medium bestände. Dann könnten die (allerdings auch bei axialer

---

1) Die Diatomeen führten 1841 HARRISON und SOLLITT als Testobjecte ein. S. ROB. HARRISON [1].

Beleuchtung sichtbaren) Spalten im schiefen Lichte als helle Streifen auf dunklerem Grunde, aber in falscher Breite und falscher, je nach der Einstellung wechselnder Lage erscheinen. In Wirklichkeit sind jedoch die stark brechenden Bestandtheile des *Pleurosigma*-Panzers Quarzkörnchen von nahezu sphärischer Gestalt, welche, auch abgesehen von der Diffraction, einen Theil der ihre untere Hemisphäre treffenden schiefen Lichtstrahlen (und zwar einen umso grösseren Theil, je schiefer sie einfallen) der optischen Achse zulenken müssen, so das Eintreten der ohne diese Brechung zu schiefen Strahlen in die Objectivöffnung ermöglichen und demgemäss selbst zum Theil erhellt auf dunklem Grunde erscheinen. In ähnlicher Weise erklärt den Einfluss des schiefen Lichtes auf die Erkennbarkeit feiner Structuren J. W. Griffith [2] im selben Jahre. Rainey hat aber in diesem Aufsatz auch in einer anderen Richtung auf die Wirkung der totalen Reflexion zuerst aufmerksam gemacht. Er erkannte zuerst (p. 66 und 70), dass das Deckglas unter Umständen wie ein Lieberkühnscher Spiegel wirken und von oben Licht auf das Objekt reflectiren kann. Die über den Grenzwinkel des Glases schräg in dem Deckglase dahinschreitenden Lichtstrahlen können aus dem Glase nicht wieder in die Luft austreten, sondern werden an der Grenzfläche total reflectirt und auf das Object zurückgeworfen. Rainey zeigte endlich auch die Möglichkeit, dass Licht auch vom Objectivsystem her auf das Object reflectirt werden kann. Auf diese Weise würde durch das schiefe Licht eine Beleuchtung mit durchfallendem und auffallendem Lichte combinirt, und es würden verschwommene, eventuell falsche Bilder verursacht. Die Erklärung jedoch, welche Rainey davon zu geben versucht, dass andrerseits gewisse Objecte, so u. a. frische Gewebe in axialem Lichte besser als in schiefem zu sehen sind, ist ganz verkehrt. Nach ihm sollen schief einfallende Strahlen nicht die Kraft haben, in stark brechende Medien einzudringen, wie die Bestandtheile der thierischen und pflanzlichen Gewebe. In der That wird zwar ein umso grösserer Theil des Lichtes von der Grenzfläche des stärker brechenden Mediums in das schwächer brechende reflectirt, statt einzudringen, je grösser der Einfallswinkel; aber dann müssten gerade Diatomeenstructuren am wenigsten gut bei schiefem Lichte zu sehen sein, weil ja der Quarz der Diatomeenschalen stärker bricht, als die meisten Bestandtheile der Gewebe. — In einem grösseren Artikel über Beleuchtung sucht F. H. Wenham [3] zunächst Rainey's Erklärung, warum die Structur von *Pleurosigma* angulatum bei der oben erwähnten Beleuchtung, namentlich geringer Apertur des Condensors, nicht einmal mit dem Objectiv von 1/8″ Brennweite und 150° Apertur zu sehen ist, zu rectificiren; aber mit einer ebenso ungenügenden Annahme darüber, weshalb die Apertur des Beleuchtungskegels zur Wirksammachung der ganzen Apertur des Objectivs nicht hinreichte. Bei centraler Beleuchtung mit geringer Apertur käme nach Wenham nur der centrale Theil der Oeffnung des Objectivs zur Wirkung, weil die vom Object ausstrahlenden Lichtstrahlen („radiated light" p. 149), die die ganze Apertur des Objectivsystems ausfüllen, durch die grosse Lichtstärke der nur die Mitte der Linse füllenden Centralstrahlen unterdrückt werden. Wenn dagegen der Lichtkegel von geringer Apertur schief einfällt, so gehen die directen Strahlen von diesem nicht mehr in die Apertur des Objectivs hinein, und deshalb wird das Structurbild,

welches das vom Object ausstrahlende Licht mit Hilfe der ganzen Apertur erzeugt, sichtbar. Nach WENHAM hinge die effective Apertur des Objectivsystems in hohem Grade von Winkel, Durchmesser und Form des beleuchtenden Strahlenbündels ab (p. 148). In der That sind z. B. die Querstreifen des *Amphipleura*-Panzers nicht einmal mit dem apochromatischen Objectivsystem von 2 oder 3 mm Brennweite und 1·40 num. Apertur deutlich zu sehen, man mag den Spiegel stellen, wie man will, wenn man die obere Linsenfläche des ABBE'schen Condensors von 1·40 Apertur mit der unteren Fläche des Objectträgers nicht durch einen Tropfen Immersionsöl verbindet, weil keine grössere Apertur des Beleuchtungsapparates als 1·00 zur Wirksamkeit kommt, wovon man sich durch Hineinschauen in den Tubus nach Wegnahme des Oculars leicht überzeugt, indem nur 3/4 der Oeffnung des Objectivs mit Licht erfüllt erscheint. Nach Immersion des Condensors ist dagegen die ganze Oeffnung mit Licht erfüllt, also die effective Apertur des Condensors gleich der des Objectivsystems geworden. In diesem Falle erscheint die Querstreifung der *Amphipleura* sofort mit ausserordentlicher Deutlichkeit, wenn man den Spiegel so stellt, dass die Lichtquelle oder wenigstens der hellste Punkt der Lichtquelle nahe zum Rande des Oeffnungsbildes, an einem Ende jenes Diameters desselben erscheint, welcher vertical auf die Streifen, parallel mit der Längsachse des Panzers ist. Wären wir nicht durch ABBE [2] 1873 eines besseren belehrt, so könnten wir solche Erscheinungen, zu Gunsten der These WENHAM's auslegen und glauben, dass die ganze Apertur des Objectivsystems wirklich nur dann effectiv wird, wenn ihr die Apertur des Beleuchtungskegels gleich kommt. Nun wissen wir aber, dass jene maximale Apertur des Beleuchtungsapparates in dem erwähnten Fall nur zum Erzielen einer grösseren Schiefe der beleuchtenden Strahlen, nur deshalb nöthig ist, weil sonst das dioptrische Strahlenbündel nicht schief genug in das Objectiv eindringt, um auch dem Diffractionsbündel erster Ordnung den Eintritt zu ermöglichen. Effectiv wird die ganze Apertur des Objectivsystems auch bei axialer Beleuchtung von geringster Apertur, sie genügt aber nur für die Lösung solcher Structuren, die eine geringere Beugung des Lichtes hervorrufen, durch welche die Diffractionsbündel erster Ordnung nicht über die halbe Apertur des Objectivsystems von dem dioptrischen Bündel divergiren. WENHAM war ja, wie alle Mikroskopiker bis auf ABBE, von der falschen Ueberzeugung durchdrungen, dass die mikroskopische Wahrnehmung nicht wesentlich verschieden von dem Sehen mit unbewaffnetem Auge sei[1]). Deshalb glaubt er, dass ein gegebenes Object auch unter dem Mikroskop in der Weise am günstigsten beleuchtet sein wird, wie man ein entsprechendes, makroskopisches Object am besten sieht. Von der einseitigen Dunkelfeldbeleuchtung spricht jetzt auch WENHAM als von der READE'schen („READE's background illumination" p. 149, wiederholt, wohl nach QUEKETT [1] p. 178 statt blackground, bei SHADBOLT [5] p. 155 heisst sie

---

[1]) „I will suppose", heisst es auf p. 148, „the microscope itself, when in perfect adjustment for spherical and chromatic aberrations, as an instrument that in its action upon objects differs so little in principle, from the effect of viewing with the naked eye, that all the combination of lenses may be considered for the time as forming part and parcel of that organ".

„black-field illumination"). Hier macht er auf das „Diffractionsspectrum" (p. 152) aufmerksam, welches bei einseitiger schiefer Beleuchtung die Verdoppelung der Linien verursacht, die durch die Strahlen von der Seite getroffen werden. Für eine Dunkelfeldbeleuchtung in allen Azimuthen zusammen mit einer Beleuchtung durch auffallende Strahlen schlägt er die Combination seines Paraboloids mit einem hemisphärischen Reflector vor. Dieser besteht aus einer innen versilberten hohlen Halbkugel, deren Calotte soweit abgetragen ist, dass, wenn sie concentrisch mit dem Focus des Paraboloids über das Object gelegt wird, das Ende des Objectivsystems weit genug hineingeht. In Betreff der von Rainey entdeckten Beleuchtung von oben durch Strahlen, welche vom Deckglase reflectirt werden, sagt Wenham in diesem Aufsatz, dass sie nicht stattfinden kann, weil das Licht „wie schief es auch auf durchsichtige brechende Körper mit parallelen Flächen einfällt, von diesen weder auswendig noch inwendig total reflectirt wird" (p. 146). Er erwähnt aber weder diesen Irrthum, um ihn zu rectificiren, noch Rainey's Priorität, als er zwei Jahre später (s. w. u.) selbst eine Methode der Beleuchtung für starke Objectivsysteme durch Strahlen, welche von der oberen Fläche des Deckglases nach innen total reflectirt werden, als etwas Neues beschreibt. Wenham bespricht endlich hier noch die Methode der Beleuchtung mit diffusem, weissem, durchfallendem Licht, welche wir Weissfeldbeleuchtung nennen könnten. Am besten findet er es, das vom Spiegel reflectirte Licht durch eine zwischen Objectträger und Condensor eingelegte Scheibe diffus zu machen. Zu diesem Zwecke nimmt er zwei sehr dünne Glasscheiben und breitet zwischen diesen ungebleichtes Bienenwachs durch Schmelzen so dünn aus, dass man eben anfängt, eine Kerze durch die Scheibe zu sehen (p. 157). In der That giebt eine solche matte Scheibe ein viel gleichmässigeres, von farbigen Funken sogar bei Benutzung des directen Sonnenlichtes freieres diffuses Licht, als mattgeschliffenes Glas von noch so feinem Korn, und es wäre der Mühe werth, Wenham's Rath auch heute zu befolgen, nur müsste man die Scheibe, je nachdem, was für ein Bild man wünscht, bald zwischen Objectträger und Condensor, bald zwischen Spiegel und Condensor (z. B. in den Irisblendenträger des Abbe'schen Beleuchtungsapparates) legen (s. gleich weiter unten). — Rainey [2] hält seine Behauptungen gegenüber Wenham aufrecht, und zwar, wie wir sahen, zum Theil mit gutem Grunde.

Dagegen verharrt Wenham [5] 1855 in einer kleinen Notiz bei seinen Irrthümern, von welchen er den einen, welcher die totale Reflexion betrifft, bald erkannt haben muss, ohne es einzugestehen. — J. D. Sollitt [1]: ein Condensor aus zwei achromatischen Linsen, in einem Kreisbogen beweglich, so dass seine Achse verschiedene Winkel mit der optischen Achse bilden kann, zum Erzielen von axialer oder schiefer Beleuchtung bis Dunkelfeldbeleuchtung. Eine theoretisch plausible, aber überflüssige Einrichtung, weil jede, von der Apertur des Objectivs nur zugelassene Schiefe der Beleuchtung auch mit einem nur in der optischen Achse auf- und abbewegbaren Condensor leicht zu erzielen ist, falls auch die Apertur des Condensors genügt und ausgenützt wird. 1855

F. H. Wenham [4] beschreibt 1856 drei Methoden zum Ausführen des Rainey'schen Princips der Beleuchtung mit auffallendem Licht, aber, wie 1856

gesagt, ohne RAINEY zu erwähnen. Die erste Methode besteht darin, dass er ein rechtwinkliges Prisma mit der Hypotenusenfläche auf die untere Fläche des Objectträgers legt und mit einem AMICI'schen Sammelprisma (ein sehr niedriges, im Querschnitt gleichschenkliges Prisma mit convexen Ein- und Austrittsflächen für die Lichtstrahlen, wie das von SELLIGUE für auffallendes Licht benutzte, s. oben p. 435) das Licht vertical auf die eine Kathetenfläche, also unter 45° zur optischen Achse reflectirt (Figur 1, p. 56). Die bei Balsampräparaten ungebrochen bis an die obere Fläche des Deckglases gelangenden Lichtstrahlen werden daher von dort unter 45° auf das Object von oben zurückreflectirt. Bei der zweiten Methode (p. 57, Figur 3) ersetzt er das kleine Prisma durch eine Halbkugel, deren nach unten gewendeter Scheitel abgetragen und die so entstandene Facette schwarz bestrichen ist. Die Linse kommt concentrisch in die Concavität eines Paraboloids, so dass die von diesem reflectirten Strahlen ungebrochen durch die Linse zum Object gelangen. Bei der dritten Methode (p. 59, Figur 5) ersetzt die Linse und das hohle Paraboloid ein abgestumpftes Glasparaboloid, welches unten in der Mitte ebenfalls schwarz belegt ist. Die untere Fläche des Objectträgers und die obere Fläche des Prismas, der hemisphärischen Linse oder des abgestumpften Paraboloids werden mit einander durch ein stark, etwa wie das Glas, brechendes Medium, z. B. Terpentinöl, verbunden, damit die Strahlen nicht schon von den letzteren Flächen total reflectirt werden. Natürlich taugt diese Beleuchtung nur für Objecte, die in ein stark brechendes Medium, etwa Canadabalsam (nicht in Luft) eingeschlossen sind. — JOHN CHARLES HALL [1] beschreibt als eine Entdeckung seine Beobachtung, dass die oben erwähnten hemisphärischen Linsen mit einer schwarzen Scheibe in der Mitte ihrer nach oben gekehrten planen Fläche, welche bei Objectiven von geringer Apertur eine Dunkelfeldbeleuchtung verursachen, mit Objectiven von grösserer Apertur ein helles Gesichtsfeld geben,[1]) und dass in diesem Gesichtsfelde die Zeichnung von *Pleurosigma* angulatum überraschend deutlich hervortritt. Deshalb empfiehlt er diese so genannte „spotted lens" auch als Ersatz des Gillett für starke Vergrösserungen. — E. BRÜCKE [8] constatirt im Gegensatz zu früheren Mikrographen (namentlich MOHL), und in Uebereinstimmung mit fast allen neueren, dass ein blauer Himmel für die Deutlichkeit des Bildes nicht nur nicht vorzuziehen, sondern sogar schädlich ist. Diesen Umstand will er aus der inneren Dispersion in den Gewebsbestandtheilen erklären, wodurch die Strahlen von stärkster Brechbarkeit überhand nehmen, das Object wie selbstleuchtend aussieht, und das sonst negative mikroskopische Bild getrübt wird. Dem sei dadurch abzuhelfen, dass man eine 2-3 mm dicke Platte von „Canarien- oder Uranglas" auf den Objecttisch legte. Dieses Glas schneide nämlich die Strahlen von grosser Brechbarkeit ab, soll sogar kurzwellige Strahlen in langwellige umwandeln. Die richtige Erklärung liegt aber viel einfacher

---

[1]) Die schiefen Strahlen, welche das freie Gesichtsfeld passiren und von dem Object nicht der optischen Achse zugelenkt werden und deshalb in ein Objectiv von geringer Apertur nicht hineingehen, können in eine grössere Objectivapertur schon eintreten, das Gesichtsfeld erhellen und eine allseitige schiefe Beleuchtung bewirken.

in der ungenügenden optischen Wirkung des vom blauen Himmel zurückgestrahlten Lichtes. Sonst wären ja kurzwellige Strahlen, zum Auflösen schwieriger Objecte eigentlich die günstigsten.

1857 hat POWELL seinen Condensor von 0·99 numerischer Apertur eingeführt (s. bei E. M. NELSON [1] p. 92), welcher aus zwei achromatischen Linsenpaaren und einer einzelnen Frontlinse besteht. Gegenüber dem Gillett bedeutete dieser einen grossen Fortschritt, und NELSON [1] sagt noch 1891 (p. 92), dass er der beste ist, welcher je construirt wurde. **1857**

FRIEDRICH REINICKE [1] bespricht 1858 in dem ersten Hefte seiner „Beiträge zur neueren Mikroskopie" in Deutschland zuerst die neueren englischen Bestrebungen auf dem Gebiete der Mikrographie, so auch besonders die Beleuchtungsapparate, die schiefe und die Dunkelfeldbeleuchtung. Die Streifen von *Pleurosigma* angulatum kann auch er nur im schiefen Lichte erkennen. Er will gegen CARPENTER und Andere darthun, dass die englischen Linsen nicht über den deutschen stehen, was wir ihm glauben können, da ja die Leistungen der damaligen englischen Mikroskope auch nicht viel über die Lösung von *Pleurosigma* angulatum im schiefen Lichte gingen (s. bei CARPENTER [1] 1856, p. 203-207). **1858**

JOHN KEATES [1] 1859: Eine dünne matte Scheibe von feinem Korn dicht unter dem Objectträger bei Beobachtungen mit Lampenlicht und starken Vergrösserungen (ohne Condensor). Auch über die Stelle, wo man die matte Scheibe anbringen soll, sind die Meinungen seit jeher sehr auseinandergegangen. Eine allgemeine Regel lässt sich auch nicht aufstellen. **1859**

Zahlreiche Experimente haben mich Folgendes gelehrt. Benützt man keinen Condensor, und ein solcher ist, wenn man Lichtquellen von genügender Intensität zur Verfügung hat, sogar bei den schwierigsten histologischen und Diatomeen-Untersuchungen keineswegs so unentbehrlich, wie man seit 20 Jahren glaubt, so muss man die matte Scheibe, stets bei Benutzung des Hohlspiegels, verschieden anwenden, je nachdem man schwächere oder stärkere Vergrösserungen benutzen, bei schwächeren Vergrösserungen vorwiegend Refractionsbilder (aus verschieden hellen Bestandtheilen zusammengesetzte) oder Absorptionsbilder (aus verschieden gefärbten Bestandtheilen), bei starken Vergrösserungen reine Diffractionsbilder (aus alternirenden Bestandtheilen von maximaler Helligkeit und maximaler Dunkelheit, Diatomeenstructuren), reine Refractionsbilder, reine Absorptionsbilder oder solche beobachten will, die aus verschieden hellen, aber zum Theil auch verschieden gefärbten Bestandtheilen zusammengesetzt sind.

Zuerst bemerke ich aber, dass ich mir die matten Scheiben selbst verfertige, indem ich mir die Scheiben in zweierlei Grössen aus geöltem Papier (Pauspapier) zurechtschneide. Ist das Papier dünn, möglichst rein weiss und von feinster Textur, ohne gröbere Faden oder Holzstückchen, so sind solche Scheiben nicht nur billiger, sondern auch besser, als matt geschliffene Glasplatten (ganz im Gegensatz zu HARTING [1] 1. Bd. p. 248-249). Eine der kleineren Papierscheiben von etwas geringerem Durchmesser, als die Breite des Objectträgers, klebe ich mit Immersionsöl glatt auf die untere Fläche des möglichst dünnen Objectträgers, auf welche ich auch zwei, aus dickeren Deckgläsern geschnittene Leistchen mit Gummisyrup befestige, da-

mit das Präparat nicht am Objecttisch klebt. Eine noch feiner mattirte Fläche bekommt man, wenn man auf dem Objectträger eine dünne Schichte von ungebleichtem Wachs ausbreitet (s. oben WENHAM [8]); die Papierscheibe ist aber allgemeiner brauchbar und einfacher anzubringen.

Will man bei schwachen bis mittelstarken Objectivsystemen (s. p. 194, 2. Anmerkung d. v. W.) Absorptionsbilder (reine Farbenbilder) bekommen, so lege man je nach der Intensität der Lichtquelle (ausser der auf den Objectträger geklebten Scheibe, welche auch in den Fällen weiter unten stets dort bleibt) eine oder mehrere Scheiben in den Ausschnitt der Tischöffnung so, dass sie höchstens etwas tiefer liegen, als die Tischebene; will man dagegen Refractionsbilder bekommen, so lege man die Scheiben anstatt in die Tischöffnung, in den Diaphragmenträger des Beleuchtungsapparates (dessen Condensor, wie gesagt, entfernt wurde) oder wenn, man ein kleines Stativ ohne solchen benutzt, auf einen ad hoc hergerichteten Drahtring etwa in der Mitte zwischen Spiegel und Objecttisch.

Ist das Licht sehr intensiv, etwa directes Sonnenlicht, so kann man Refractionsbilder mit etwas Absorptionsbild combiniren, indem man eine Pauspapierscheibe auch in die Objecttischöffnung, und zum Combiniren des Absorptionsbildes mit Refractionsbild eine auch auf den Diaphragmenträger (beziehungsweise auf den Drahtring) legt ausser denen im Condensorträger im ersteren, und denen in der Tischöffnung im letzteren Fall. Soll aber im Allgemeinen das Licht durch Einlegen von noch mehreren Scheiben weiter gemildert werden, dann kommen diese für Absorptionsbilder in die Tischöffnung, also dicht unter das Präparat, und für Refractionsbilder in den Blendenträger, also tiefer unten, etwa in die Mitte zwischen Spiegel und Präparat.

Diese Regel gilt auch für starke Vergrösserungen, nur muss man entsprechend weniger Scheiben einlegen. Ist das Licht stark (directes Sonnenlicht, elektrisches Bogenlicht, Kalklicht oder wenigstens das Licht weisser Wolken oder eines hellgrauen Himmels gegen die Sonne), so bekommt man auf diese Weise auch mit den Apochromaten von 4, 3 oder 2 mm Brennweite je nachdem sehr schöne, scharfe Refractionsbilder (Structur ungefärbter Flimmerzellen, quergestreifter Muskelfaser dergl.) oder eine ebenso schöne Combination eines Absorptions- und Refractionsbildes, welche oft sehr vortheilhaft sein kann. Man bekommt aber kein reines Absorptionsbild. Ein solches ist noch eher annähernd zu erreichen mit der weiter oben erwähnten (p. 438) Beleuchtungsmethode ohne Spiegel durch diffuse Reflexion des directen Sonnenlichtes von einem auf den Fuss des Mikroskops gelegten Stück weissen Papiers. Aber auch so sind durch Nachvergoldung dargestellte Neurofibrillen sehr gut zu verfolgen und Mitosen dergl. zu studiren.

Ganz vorzügliches leistet die Methode mit directem Sonnenlicht, elektrischem Bogenlicht oder Kalklicht auch beim Auflösen schwieriger Diatomeen für d. h. reine (?) Diffractionsbilder; dann braucht man aber nur die auf den Objectträger unten aufgeklebte Papierscheibe zu benutzen. Mit Objectiven von geeigneter Apertur (von 1·20 N. A. an) kann man die Querstreifen von *Amphipleura* pellucida spielend lösen, man muss nur den Hohlspiegel so stellen, wobei man ihn gar nicht seitwärts aus der op-

tischen Achse zu rücken nöthig hat, dass die gegen die Streifen blickende Hälfte der inneren hellsten Zone des Oeffnungsbildes des Objectivs beschattet sei. Das Bild der Lichtquelle, welches in dieser hellsten Zone, in dem Bilde der Apertur des Beleuchtungskegels, d. h. in dem der Spiegelfläche, vom Spiegel reflectirt und von der matten Papierscheibe aufgefangen erscheint, kann natürlich nicht bis an den Rand des Oeffnungsbildes des Objectivs gerückt werden, wie wenn man den Condensor von 1·40 Apertur durch Oel mit dem Objectträger verbindet, weil ja die Apertur des directen, in der optischen Achse verbleibenden Beleuchtungskegels viel kleiner ist, als die des Objectivs. Aber die Oeffnung des letzteren ist ausserhalb der hellsten, der Spiegelfläche entsprechenden Zone bis an den Rand mit Licht, und zwar von den Lichtstrahlen gefüllt, welche, durch die Papierscheibe zerstreut, in allen Richtungen, also auch sehr schief in die Objectivöffnung hineintreten. Stellt man den Spiegel (ihn in der optischen Achse belassend) schräg, so sieht man, das sich das Bild der Lichtquelle in Form eines hellen, verschwommenen Streifens verlängert und radial über die diffuse Zone des Objectivöffnungsbildes erstreckt. Rückt man nun diesen Lichtkeil an den Rand des Oeffnungsbildes gegenüber den Querstreifen, so kann man sicher sein, dass man, nach Einsetzen des Oculars, die Querstreifen mit tadelloser Deutlichkeit erblickt. Durch vorsichtige Aenderung dieser Spiegelstellung kann man den Lichtkeil in eine solche Lage bringen, dass er einen der Quadranten des Oeffnungsbildes halbirt, in welche dieses durch die verlängert gedachte Quer- und Längsachse des *Amphipleura*-Panzers getheilt wird, und dann sieht man die Querstreifen aus Körnchen zusammengesetzt, die Structur der *Amphipleura* erscheint vollkommen aufgelöst. Es scheint mir sogar, dass mir diese Lösung auf diese Weise ohne Condensor leichter gelingt.

Damit will ich nicht behaupten, dass der ABBE'sche Beleuchtungsapparat und die anderen ähnlichen überflüssig seien; ich will nur gezeigt haben, dass man auch ohne sie an die schwierigsten mikroskopischen Probleme herantreten kann. Alles, was FLEMMING [5] in seinem Buche „Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung“ 1882 beschrieben und abgebildet hat, und wofür er sich mehr seinem ABBE'schen Condensor, als seinen Objectivsystemen verbunden erklärt (s. oben p. 434), hätte er auch ohne Condensor, einfach mit den Methoden der diffusen Beleuchtung ebenso gut sehen und abbilden können. Unter dem Einfluss des allgemeinen Vorurtheils, dass man in der Histologie in erster Linie nach Tiefe und nach dicken, schwarz gezeichneten Conturen trachten muss, hielt er aber lange an dem engen Beleuchtungskegel fest, und als er den grossen Vortheil an Form- und Farbenwahrheit, den die grosse Apertur des ABBE'schen Apparates gewährte, sah, glaubte er, dass man dieselben anderswie gar nicht erreichen könnte.

Bei der oben beschriebenen Methode ist natürlich jegliche Blende ausgeschlossen und stets der Hohlspiegel zu verwenden, ausgenommen bei sehr schwachen Vergrösserungen, wo man den Planspiegel benutzen, allerdings durch Einlegen von noch mehr Pauspapierscheiben auch dann mit dem Hohlspiegel operiren kann. Als Beleuchtungsapparat kann also der Hohlspiegel allein hinreichen; auch dieser braucht nur auf und nieder beweglich zu sein, natürlich ausser der Bewegung um zwei horizontale

Achsen; eine seitliche Verstellbarkeit kann eine schiefe Beleuchtung erleichtern, ist aber, wie wir sahen, nicht unumgänglich nöthig.

Die Nothwendigkeit eines modernen Condensors stellt sich aber in gebieterischer Weise in zwei Fällen ein. Erstens, wenn die Intensität des Lichtes zur diffusen Beleuchtung ungenügend ist, und zweitens, wenn absolut reine Farbenbilder erwünscht sind. Schon bei einer Auer'schen Lampe als Lichtquelle kann man, um mit stärkeren Vergrösserungen ein Absorptionsbild zu bekommen, nur eine Pauspapierscheibe in die Tischöffnung legen, und deshalb ist das so entstehende Farbenbild von ungenügender Reinheit. Die Refractionsunterschiede haben einen zu grossen Antheil an dem mikroskopischen Bilde, und auch das freie Gesichtsfeld fängt an zu unruhig zu werden. Mit einem guten Condensor kann man dagegen, wie erwähnt, bei dem Lichte einer Stearinkerze mikroskopiren und gute Farbenbilder bekommen. An den Refractionsbildern ist die Unzulänglichkeit der Lichtintensität für diffuse Beleuchtung nicht so bald bemerkbar: die Auer'sche Lampe und eine Scheibe im Blendenträger geben noch ganz gute. Deshalb machten die früher meist benützten künstlichen Lichtquellen von viel geringerer Intensität als das Auer'sche Glühlicht das Bedürfniss nach einem Condensor doch nicht rege; die Präparate taugten ja meist nur für Refractionsbilder, und wenn welche auch für Farbenbilder gut gewesen wären, so wusste man nicht, wie sie mit einem Lichtkegel von grosser Apertur beleuchtet aussehen würden, und man stellte sich mit dem Refractionsbilde, in welches das Farbenbild eingetaucht war, zufrieden.

Was das absolut reine Farbenbild betrifft, so ist ein solches in der Praxis der meisten Mikrographen heute noch kein alltägliches Vorkommniss. Und doch müssen wir wiederholen, dass eine rationelle Mikrotechnik, welche unsere Kenntniss der feineren Beschaffenheit der Organismen vertiefen soll, stets danach trachten muss, alles in reinen Farbenbildern darzustellen. Mit solchen geben sich die Bakteriologen noch am meisten ab; nur sehr oft begnügen sie sich aber mit schlechten Farbenbildern oder mischen diesen, um den Schleier vom mikroskopischen Bilde zu entfernen oder um diesem eine grössere Tiefe zu geben, das Refractionsbild bei, indem sie durch Zuziehen der Irisblende oder durch Senken des Condensors die Apertur des Beleuchtungskegels einengen. Meist ist der Schleier durch sorgfältige Correction (bei Oelimmersionen durch Aendern der Tubuslänge), durch eine dünnere Balsamschichte oder ein dünneres Deckglas, sicher aber durch ein besseres Präparat zu entfernen, ohne dass man die Reinheit des Farbenbildes beeinträchtigen müsste.

Wo bleibt aber die so erwünschte Tiefe des Bildes? So manche richtige Beobachtung wurde diesem Götzen schon zum Opfer gebracht! Tiefe des Bildes zu fordern, es sei denn bei Uebersichtspräparaten für schwache Vergrösserungen, ist heutzutage ein Unsinn. Was nützt mir, wenn ich eine 1 μ dicke Fibrille schon sehe, wenn ich 5 μ höher, und noch sehe, wenn ich 5 μ tiefer eingestellt habe, als wo sie eigentlich liegt, und ich gar nicht entscheiden kann, wann sie wirklich eingestellt ist, ob sie höher oder tiefer liegt als ein bestimmtes anderes Element (s. Apáthy [9] p. 64). Ein ebenes Gesichtsfeld und bessere Mikrometerschrauben, das müssen wir von unseren Mikroskopfabrikanten fordern, aber keine Linsen

von grösserer Tiefe (Penetration), es sei denn zum Suchen. Die Wissenschaft würde sicher mehr gewinnen als verlieren, wenn man jegliche Blende von den Mikroskopen abschaffte. Man wäre dann wenigstens gezwungen, besser zu beobachten und bessere Präparate zu machen. Die Ermöglichung einer maximalen Apertur des beleuchtenden Lichtkegels bei minimalen Anforderungen in Bezug auf Intensität und Ausdehnung der Lichtquelle, das ist das grosse Verdienst der modernen Beleuchtungsapparate.

Aber auch zu dem Höchsten, was unsere Mikroskope heutzutage leisten können, und zwar leisten ohne besondere Künste und Fertigkeit des Beobachters zu jeder Zeit mit Leichtigkeit, bedarf es eines Beleuchtungsapparates, am besten eines achromatischen, von der grössten Apertur, welche die zu ernstlicher Alltagsarbeit noch tauglichen Objectivsysteme besitzen, nämlich von 1·40 N. A. Diese Apertur muss aber auch voll ausgenützt werden durch Verbindung der oberen Fläche des Condensors mit der unteren des Objectträgers durch einen Tropfen Immersionsöl. Und hier erwähne ich noch einen kleinen Kunstgriff, welcher die Leistung des Beleuchtungsapparates wesentlich erhöht, ihn sowohl zum Erzeugen des lichtstärksten und farbentreuesten Absorptionsbildes, das man sich nur denken kann, als auch zum Lösen der schwierigsten Aufgabe, welche man der resolvirenden Kraft eines Linsensystems nur stellen kann, befähigt. Ich belasse die kleine Scheibe von Pauspapier auf der unteren Fläche des Objectträgers auch dann, wenn ich den Condensor in Oel getaucht gebrauche (die Glasleisten werden aber natürlich entfernt). So sehe ich mit einem Zeiss'schen apochromatischen Objectivsystem von 3 mm Brennweite und 1·40 Apertur und mit dem Ocular 18 die Querstreifen einer Amphipleura sogar bei ganz centraler Stellung des Spiegels; ich kann diesen überhaupt nicht so stellen, dass die Streifen nicht deutlich sichtbar seien; bei der geringsten Schrägstellung des Spiegels treten sie aber scharf, mit trotz des ganz hell gebliebenen Gesichtsfeldes so schwarzen Linien auf, als ob es sich um die Querstreifung eines Insectenmuskels handelte. Dabei gelingt es überraschend leicht, die Spiegelstellung zu treffen, bei welcher die Zwischenräume der schwarzen Streifen sich in je eine Reihe von Körnchen verwandeln[1]). Die Körnchen sind (wie auch an den Enden der *Pleurosigma*-Panzer) nicht gleich gross, auch sind sie in den benachbarten Querreihen nicht ganz entsprechend gelagert, sodass sie nicht ganz gerade Längsreihen bilden; daher sind sie mit den ganz geraden oder dem Panzerrande parallelen Längsstreifen, welche auf Interferenzlinien beruhen, nicht zu verwechseln. Auch hierzu benutze ich den Hohlspiegel und hebe den Condensor bis zur Berührung an den Objectträger. Bei genau derselben Anordnung bekomme ich, wie gesagt, auch für Farbenbilder

[1]) Dasselbe kann ich, wenn auch nicht so leicht, mit einem apochromatischen System von 2 mm Brennweite, aber nur 1·25 N. A. (nominell ist diese grösser) und mit einer Semiapochromatlinse 18b von derselben Brennweite und Apertur, beide von Reichert bezogen, erreichen, obwohl beide schon stark trüb geworden sind und für reine Farbenbilder nichts mehr taugen.

das Optimum der Beleuchtung: in grossen, dunkelrothen, bei anderer Beleuchtung beinahe schwarz aussehenden Ganglienzellen in dicken Gewebsschichten tritt das Gitterwerk dünnster Neurofibrillen mit sehr differenter schwarzer Farbe vollkommen scharf hervor und ist in der ganzen Dicke der Zelle, über und unter dem Kern leicht zu verfolgen. Für diesen Zweck ist jedoch besser der Planspiegel, nur muss man dann den Condensor nahezu um einen Millimeter von der unteren Fläche des Objectträgers senken. Dabei ist die richtige Stellung des Condensors nicht so leicht zu finden, aber umso leichter dringen Luftblasen zwischen Condensor und Objectträger ein, welche sich oft nicht so ohne weiteres entfernen lassen, sodass man ein Stückchen Spiegelglas zwischen beide einlegen muss, um nur eine capillare Oelschichte zu brauchen. Doch werde ich darüber noch weiter unten zu reden kommen. Hier wollte ich nur über die richtige Anwendung der matten Scheiben für die Beleuchtung bei Ocular beobachtung, in Anknüpfung an den Vorschlag von KEATES, einweben, damit wir diesen Gegenstand betreffende weitere Vorschläge, denen wir begegnen werden, kurz erledigen können.

1860 FRIEDR. REINICKE [1] 1860: das zweite Heft seiner Beiträge. Diese müssen zu jener Zeit, wo man in Deutschland zwar sehr fleissig mit dem Mikroskop beobachtete und auch auf histologischem Gebiete viel neue Thatsachen entdeckte, aber sich sehr wenig mit der Förderung der Mikrotechnik beschäftigte, höchst willkommen gewesen sein. Deshalb kann ich sie nicht unerwähnt lassen. Man scheint damals schon Objective verfertigt zu haben, welche bei geradem Lichte alle drei Streifensysteme von *Pleurosigma* angulatum auf einmal zeigten (die auf p. 72 citirte Notiz). — LOBB [1] spricht über den erwähnten neuen Condensor von POWELL und LEALAND, dessen einzelne Linsen auch besonders zu gebrauchen sind. Die Diaphragmenscheibe hat 11 Oeffnungen, 3 Sternblenden und 2 halbkreisförmige Oeffnungen. Der ganze Oeffnungswinkel (170°, 0·90 N. A.) kommt nur dann zur Geltung, wenn das Object auf dünnem Glas mit dünnem Deckglas montirt ist, z. B. auf Mahagoni-Objectträgern mit Fenstern. — NACHET [10]: ein stumpfer Glasconus mit nach oben gerichteter Basis, welche einen Theil einer Kugelfläche bildet und in der Mitte schwarz belegt ist, für Dunkelfeldbeleuchtung statt des WENHAM'schen Paraboloids. Allerdings einfach, aber mit grossen Aberrationen behaftet; ermöglicht auch keine so grosse Schiefe der Strahlen, giebt also nur bei geringeren Aperturen des Objectivs Dunkelfeldbeleuchtung. Hier erwähnt NACHET, dass AMICI einen ähnlichen, aber spitzeren Kegel benutzt, und zwar aus Flintglas, um eine stärkere Dispersion zu bekommen zur Beleuchtung des Objectes mit bestimmten Farben des Sonnenspectrums. (Die Methode, welche später CASTRACANE [1] 1864 allgemeiner bekannt gemacht hat, s. oben p. 347.) Für schräge Beleuchtung schlägt ebenfalls NACHET [11] vor, die obere Linse eines Beleuchtungsapparates (er nahm den von KINGSLEY) zu bedecken und nur am Rande der Linse eine Oeffnung zu belassen.

1861 F. H. WENHAM [6] betont, dass für Beobachtungen mit dem binocularen Mikroskop, soweit möglich, auffallendes Licht, welches allein das nöthige plastische Aussehen dem Object verleiht, oder wenigstens ein Beleuchtungskegel von sehr grosser Apertur benutzt werden soll: ein Vorschlag, dessen

Unrichtigkeit durch die Untersuchungen von ABBE [6] 1881 über die Tiefe des mikroskopischen Bildes (s. w. u.) gezeigt wurde.

HERM. SCHACHT [2] beschäftigt sich 1862 in der dritten, vollständig umgearbeiteten Auflage von „Das Mikroskop" sehr eingehend mit der Beleuchtung, ohne jedoch auch nur so weit, wie die Engländer, in deren Wesen eingedrungen zu sein. Auf p. 34 sagt er, dass Objectivsysteme mit grosser Apertur, welche für schiefes Licht bestimmt sind, bei geradem Lichte nicht Befriedigendes leisten, wogegen Objectivsysteme für gerades Licht bei schiefem Lichte nicht befriedigen. Offenbar hat man damals der grossen Apertur willen die Definition des Objectivsystems vernachlässigt, oder nicht gewusst, dabei die sphärische und chromatische Aberration so weit zu beseitigen, wie bei den Objectivsystemen mit geringerer Apertur. Deshalb taugten solche Linsen für die gewöhnliche Beobachtung nicht viel; am mindesten auffällig waren ihre Fehler, wenn man die Apertur des Beleuchtungskegels möglichst einschränkte. Man beschuldigte die grosse Apertur des Objectivsystems oder des Beleuchtungskegels und behauptete, wie wir wissen, dass man für histologische Untersuchungen unbedingt geringere Aperturen von beiden benutzen muss. So sagt z. B. auch SCHACHT auf p. 57, was zur allgemeinen Regel geworden ist, dass man bei Anwendung der stärkeren Objective vortheilhaft eine Blendung mit kleiner Oeffnung benutzt, „welche das überflüssige Licht abhält und dadurch dem Bilde eine grössere Schärfe verleiht." So corrigirte man unbewusst eigentlich nur die Fehler der Objective; was aber seiner Zeit seine guten Gründe hatte, die man allerdings nicht kannte, das wurde später zum Vorurtheil, und man forderte noch immer die geringen Aperturen für histologische Untersuchungen auch zu einer Zeit, wo mit den grossen Aperturen nicht mehr jene starken Aberrationen verbunden waren. Ich besitze u. a. Objective von, infolge einer mangelhaften Construction und Trübung gewisser Linsen, sehr schlechter Definition, welche die schwierigsten Aufgaben an Diatomeen lösen (Auflösung der Querstreifen von *Amphipleura* pellucida in Perlen), aber für Histologie, namentlich für Farbenbilder nicht zu brauchen sind. Um sie überhaupt brauchen zu können, muss man mit ihnen Beleuchtungskegel von sehr geringer Apertur benützen, sich also auf Refractionsbilder von dünnen Präparaten beschränken. Andere Objective (wie das apochromatische von 3 mm Brennweite und 1·40 N. A. von ZEISS) von grosser Apertur, welche eine tadellose Definition besitzen, erfordern nie jene engen Beleuchtungskegel. — Zum Abhalten fremden Lichtes erwähnt SCHACHT p. 57 Pappschirme nach OBERHÄUSER's Angabe, welche vor dem Mikroskop auf Eisenstangen, die in den Arbeitstisch eingeschraubt sind, auf und nieder bewegt werden können. Nach SCHACHT genügt aber auch das Vorhalten der Hand. Er empfiehlt noch immer ein Arbeitszimmer nach Norden oder Westen (p. 53).

1862

B. S. PROCTOR [1] 1863: Populär Zusammenfassendes über die Ursachen der Farbe und der verschiedenen Transparenz der Körper mit Hinweis auf die mikroskopische Beleuchtung und Montirung der Präparate, deshalb von Interesse für die Mikrographie. — F. H. WENHAM [7] will Diatomeen im directen Sonnenlicht beobachten, legt aber gefärbte (blau und grün auf einmal, s. w. u. J. W. QUEEN [1] 1885) Gläser auf das Ocular. Directes Sonnenlicht, durch farbige Gläser gemässigt, wurde schon vor langen Jahren

1863

wiederholt vorgeschlagen, so 1839 von CH. CHEVALIER [1] p. 114—115. MOHL [1] hat auf diese Weise seine Testobjecte weniger gut gesehen (p. 147); am besten fand er noch tief purpurroth gefärbtes Glas, konnte aber nicht einmal die Querstreifen auf den Schuppen von *Lycaena* argus unterscheiden, die bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung gut zu sehen waren. Auch HARTING [1] (1. Bd. p. 248) verpönt diese Beleuchtung mit directem Sonnenlicht und hält auch von der von WENHAM vorgeschlagenen Anwendung nicht viel. In der That sieht man dabei an Diatomeen zwar mehr und leichter, aber das Richtige, auf die thatsächlich vorhandene Structur Beziehbare, ist in eine Menge von trügerischen Diffractions- und Interferenzelementen im mikroskopischen Bilde eingehüllt. Bei Anwendung eines Beleuchtungsapparates von grosser Apertur, wie WENHAM will, ist directes Sonnenlicht auf jeden Fall überflüssig; wie erwähnt, kann man aber gerade für die Lösung von Diatomeenstructuren den Condensor durch gewisse Anwendung des (allerdings durch die auf die Unterfläche des Objectträgers geklebte Pauspapierscheibe schon diffus gemachten) Sonnenlichtes entbehrlich machen. Wo man übrigens die gefärbten Gläser anbringt, über dem Ocular, auf dem Objecttisch, in dem Blendenträger, oder vor dem Spiegel wo immer, ist ganz gleichgültig. Dieses beweist unbewusst auch R. MADDOX [10] (1863). Er will mit Rauchglas, wenn es unter dem Object, mit anderen gefärbten Gläsern, wenn sie über dem Ocular angebracht waren, bessere Bilder bekommen haben. Würden die betreffenden Lichtfilter dazu dienen, um monochromatisches Licht zu erzeugen, z. B. möglichst kurzwelliges Licht, um dem gebeugten Strahl erster Ordnung neben dem dioptrischen Strahl bei grosser Divergenz von beiden den Eintritt in die Apertur des Objectivs zu ermöglichen, so würde es natürlich n i c h t s n ü t z e n, wenn man die aus dem Mikroskop herausgetretenen Strahlen filtriren würden und in das Auge nur die kurzwelligen eindringen liesse. Für solche Zwecke muss man das Filter unbedingt vor dem Object einschalten. Um die physiologische Wirkung zu verbessern, ist es dagegen, wie gesagt, gleichgültig, wo es sich im Wege des Lichtes zum Auge befindet.

1865 KENCELY W. BRIDGEMAN [1] 1865 befriedigt der LIEBERKÜHN'sche Spiegel in manchen Fällen deshalb nicht, weil er das Licht von allen Seiten gleichmässig auf das Object wirft und so keine Schatten entstehen lässt. Er empfiehlt die eine Seite des um die Objectivfassung herumdrehbaren Spiegels schwarz zu belegen. — Ueberzeugt durch BRIDGEMAN von der Nützlichkeit der einseitigen oberen Beleuchtung, bringt RICH. BECK [1] an die Stelle des halbbelegten LIEBERKÜHN'schen Spiegels ein versilbertes Halbparaboloid (Figur VII, auf p. 117). SORBY fand bei Untersuchung von reflectirenden Gegenständen (z. B. von Metallstücken), dass die vom Paraboloid auf den Gegenstand reflectirten Lichtstrahlen von dort unter einem solchen Winkel weiter reflectirt wurden, dass sie nicht in die Apertur des gebrauchten schwachen Objectivsystems eintreten konnten, weshalb gewisse Einzelheiten der Beschaffenheit des Gegenstandes verborgen blieben. Er verband also mit dem Halbparaboloid BECK's einen innen geschwärzten Halbcylinder, oben mit einem Spiegelchen unter 45° (Figur VIII auf p. 117 bei BECK), welches, leicht ein- und ausklappbar mit der Objectivfassung verbunden, bei Belassung des Halbparaboloids, so u n t e r das Objectivsystem

gestellt wird, dass die halbe Oeffnung desselben durch den Spiegel verdeckt wird und die vom Spiegel beinahe vertical auf das Object reflectirten Lichtstrahlen von diesem wieder beinahe vertical durch die andere Hälfte der Objectivöffnung gelangen. Es müssen sowohl auf das Halbparaboloid als auch auf den Spiegel von vorne in nahezu horizontaler Richtung parallele Lichtstrahlen fallen (s. Figur IX u. X auf p. 118). Diese Einrichtung SORBY's ist der erste der später Vertical-Illuminatoren genannten Apparate für oberes (nicht durch die Unterlage des Objectes kommendes) Licht, zum Untersuchen der Oberfläche von undurchsichtigen Gegenständen (Metall, Aetzfiguren an Krystallflächen dergl.). Dagegen ist das Halbparaboloid BECK's ziemlich überflüssig gewesen, weil es nur für schwache Vergrösserungen zu brauchen ist, bei welchen man das Object auch anderswie, z. B. durch ein AMICI'sches Prisma, und leichter von oben einseitig beleuchten kann. — FRANCESCO CASTRACANE [1a]: die oben (auf p. 347) schon besprochene, eigentlich von AMICI stammende Methode der Beleuchtung des Objectes mit einer Farbe des prismatisch zerlegten Sonnenlichtes. Auch CASTRACANE glaubte noch immer, dass einfarbiges Licht durch die gänzliche Beseitigung der chromatischen Aberration so günstig beim Auflösen der Diatomeenstructuren wirke. Er will die Auflösung von Pleurosigma angulatum bei geradem Lichte nur dieser monochromatischen Beleuchtung zuschreiben, während man dieses Object auch bei gewöhnlichem geradem Lichte schon längst aufgelöst hatte. Dass einen wirklichen Vortheil nur die Lichtstrahlen von grosser Brechbarkeit, nicht aber solche von geringerer mit sich bringen, weiss CASTRACANE noch nicht. — Auch der wegen seines niedrigeren Preises für schwächere Vergrösserungen viel empfohlene WEBSTER'sche Condensor wurde 1865 eingeführt (s. bei E. M. NELSON [1] p. 92 und CARPENTER [2] p. 256). Er besteht aus einer vorderen achromatischen Doppellinse und aus einer einfachen hinteren Linse (Frontlinse[1]. Später wurde die achromatische Combination hinten und die einfache Linse vorne angebracht. —

Damit, was NÄGELI und SCHWENDENER [1] in dem 1865 erschienenen Theil der ersten Auflage von „Das Mikroskop" über die Beleuchtung sagen, müssen wir uns hier etwas eingehender beschäftigen, weil ihre Ansichten in Deutschland sehr allgemein verbreitet wurden und der Entwickelung der modernen Mikrotechnik nicht wenig in dem Wege standen. Besonders nachdem ABBE [5] 1873 bei der Beschreibung des nach ihm benannten „neuen" (im Wesentlichen gar nicht neuen) Beleuchtungsapparates ganz denselben Standpunkt eingenommen hat, trugen sie direct und indirect vielleicht am meisten dazu bei, dass die Farbenbilder so schwer zur Geltung gekommen sind und dass die Mikrotechnik nicht schon viel eher das Hauptgewicht auf die Herstellung differenzirender Farbenbilder gelegt hat. Die verschiedenen Beleuchtungsapparate sind, sagen NÄGELI und SCHWENDENER p. 91 „nur nach zweierlei Richtungen wirksam: sie geben dem Lichtkegel, welcher ein be-

[1]) Der oben, auf p. 415 angenommenen Bezeichnungsweise gemäss müssen wir die sogenannte Frontlinse der Condensoren, welche optisch der Frontlinse des Objectivsystems entspricht, die hintere Linse nennen, weil sie von der Lichtquelle gerechnet die hinterste, während die Frontlinse des Objectivs die vorderste ist.

stimmtes Flächenelement des Gesichtsfeldes erhellt, eine im ganzen Querschnitt gleiche Intensität und vergrössern zweitens dessen Oeffnungswinkel. Was man sonst über ihren Einfluss angegeben findet, wie z. B. dass sie die Interferenzlinien am Rande der Objecte zum Verschwinden bringen und schwierige Details um so besser auflösen, je vollständiger die Aberrationen beseitigt seien u. dgl., ist pure Einbildung". Praktisch dürfte die Herstellung achromatischer Beleuchtungsapparate so ziemlich überflüssig sein; bei gleicher Blendung und gleicher Brennweite soll eine beliebige Sammellinse stets dieselben Dienste thun, wie das complicirteste Linsensystem. Die verschiedenen Linsen und Linsensysteme, ebenso wie auch die Form und Stellung des Spiegels, seien in allen Fällen, wo Spiegel und Lichtquelle als unbegrenzt betrachtet werden können, wirkungslos; einen Einfluss üben sie nur in gewissen praktischen Fällen (p. 89). Die grösstmögliche Lichtstärke, die sich durch Beleuchtungsapparate erzielen lässt, kann unter keinen Umständen diejenige übertreffen, welche ein hinreichend grosser Spiegel bei relativ unbegrenzter Lichtquelle für sich allein bieten würde (p. 90). Der allein unentbehrliche Bestandtheil jedes Beleuchtungsapparates für durchfallendes Licht ist der Spiegel (p. 86).

Diese Thesen wären, trotz der hier und da gemachten Einschränkungen, ganz darnach, um die Condensoren zu discreditiren, weil der Leser aus Nägeli und Schwendener's Darstellung den Eindruck gewinnt, als ob diese Einschränkungen die Ausnahme und die Giltigkeit der Thesen die Regel wäre. In Wirklichkeit ist es aber ganz umgekehrt der Fall, einfach weil die Bedingung der „relativ unbegrenzten Lichtquelle" für unsere gegenwärtigen Bedürfnisse in der Praxis beinahe nie erfüllt ist; und man könnte glauben, sie seien ja durch die Erfahrung unserer besten praktischen Mikrographen, trotz der „mathematisch geschulten" Mikroskoptheoretiker, so vollkommen widerlegt, dass man sie heute schon als ganz abgethan betrachten dürfte. Dem ist leider nicht so; die Nägeli-Schwendener'schen Ansichten sind so festgewurzelt und werden so hartnäckig überliefert, dass man ihnen sogar bei jüngeren Forschern oft begegnet. Sie waren mit handgreiflichen Wahrheiten verwoben und sie bekämpften mit Recht einige Vorurtheile früherer Forscher, und deshalb fanden auch ihre Irrthümer so leicht Glauben, besonders in Deutschland, wo man so schon gegen die complicirten Beleuchtungsapparate namentlich der Engländer eingenommen war, weil man in den mikroskopischen Wissenschaften auch ohne solche weit mehr leistete, als die Engländer mit allen ihren Condensoren und Paraboloiden.

So ist gleich eine der Hauptthesen Nägeli und Schwendener's vollkommen richtig. „Das Licht", heisst es auf p. 89, „welches einen bestimmten Punkt des Gesichtsfeldes erhellt, ist ja immer convergirend, d. h. die vom Spiegel ausgehenden Strahlen kreuzen sich in dem betreffenden Punkt und divergiren von da aus gegen das Objectiv. Es scheint überflüssig, die gegentheilige Annahme hier ausführlicher zu widerlegen." Der ganze Irrthum früherer Mikrographen, welche Beleuchtung mit parallelem, convergirendem und divergirendem Licht unterscheiden wollten, bestand (was Nägeli und Schwendener nicht hervorheben) darin, dass sie stets nur den Verlauf der Lichtstrahlen in Betracht zogen, welche von einem Punkte der Lichtquelle ausstrahlen, und nicht den derjenigen, welche in einem Punkte

der Objectebene zusammentreffen. Erstere können, indem sie di. Objectebene entweder in ihrer ursprünglichen oder in einer durch den Beleuchtungsapparat veränderten Richtung treffen, in der That gegen einander convergiren, divergiren oder parallel sein.

Würde die Lichtquelle aus einem selbstleuchtenden (oder so erscheinenden) Punkt bestehen, so würde die Richtung der confocalen Strahlen gegen einander schon allein sehr von Einfluss auf die Beleuchtung sein. Die Grösse des überhaupt beleuchteten Theiles der Objectebene würde dem Querschnitte des confocalen Strahlenbüschels durch die Objectebene entsprechen, und innerhalb dieses Querschnittes wäre jedes Flächenelement von höchstens einem Lichtstrahl getroffen, ausgenommen es läge gerade ein Focus des Strahlenkegels in der Objectebene. Je grösser der Querschnitt, umso mehrere Flächenelemente müsste es geben, welche keinen Lichtstrahl erhalten. Also hängt nicht nur die Grösse des belichteten Feldes, sondern, nach dem elementarstenGesetz der Optik, auch die Intensität der Belichtung von der Lage des Objectfeldes zu dem Focus des Strahlenkegels, also implicite auch von der Richtung der Strahlen ab.

Die Lichtquelle besteht nun nicht nur aus einem selbstleuchtenden Punkte, sie ist allerdings auch nicht unbegrenzt. Jedes Flächenelement des belichteten Theiles der Objectebene erhält also mehrere Lchtstrahlen, welche entweder confocal oder incohärent sind in Bezug auf die Lichtquelle (s. gleich w. u.), im letzteren Fall umso zahlreichere, aus je zahlreicheren selbstleuchtenden Punkten die als Lichtquelle dienende Fläche besteht, d. h. je ausgedehnter die Lichtquelle ist. Wenn aber die Belichtung durch ein confocales Elementarbüschel umso intensiver ist, je kleiner die dadurch belichtete Fläche, so muss auch die Belichtung durch die ganze Lichtquelle bei gleicher absoluter Grösse umso intensiver sein, je kleiner die Fläche, auf welche die Durchschnitte der Gesammtheit der Elementarbüschel concentrirt sind. Und wenn diese Fläche ungleichmässig beleuchtet ist, so ist das am stärksten beleuchtete Flächenelement dasjenige, welches die meisten Lichtstrahlen empfängt. Parallele Elementarbüschel werden ein ebenso grosses Feld beleuchten, wie die scheinbare Flächenausdehnung der Lichtquelle, convergirende ein auf alle Fälle kleineres, divergirende je nachdem ein kleineres, ebenso grosses oder grösseres; es sind ja auch ihre Achsen unter einander parallel, convergirend oder divergirend. In diesem Sinne kann man ganz gut mit den älteren Mikrographen von einem Concentriren des Lichtes durch convergirende Elementarbüschel und von einem Verdünnen des Lichtes dadurch, dass man sie divergiren lässt, reden. Das ist wohl auch einleuchtend, und dazu kommt noch die oben schon angedeutete specifische Wirkung des Condensors, welche Nägeli und Schwendener gar nicht berücksichtigen. Diese soll hier kurz zusammengefasst werden.

Benützt man keinen Condensor, so kann von jedem Lichtpunkte der Lichtquelle nur ein Strahl zu einem gegebenen Punkte der Objectebene gelangen. Die Strahlen, welche in einem Punkte der Objectebene zusammentreffen, kommen von verschiedenen Lichtpunkten her, sie sind also in Bezug auf die Lichtquelle incohärent. Mit anderen Worten: ein Punkt der Lichtquelle belichtet mehrere Punkte der Objectebene, und ein

Punkt der Objectebene erhält Licht von mehren Punkten der Lichtquelle. Benützt man dagegen einen aplanatischen Condensor, und ist die Objectebene eine zur Lichtquelle conjugirte Focalebene des Condensors, so treffen in jedem überhaupt belichteten Punkte nur confocale Strahlen in Bezug auf die Lichtquelle zusammen. Ein Punkt der Objectebene kann nur von einem Punkte der Lichtfläche Strahlen erhalten, muss aber alle von diesem ausgehende erhalten, welche in die Oeffnung des Condensors Eingang finden. Die Intensität der Belichtung eines Flächenelementes ist also unabhängig von der Zahl der Lichtpunkte, d. h. von der Ausdehnung der Lichtquelle, wächst aber mit der Apertur des Condensors und mit der Grösse der Linsen, aus welchen er besteht. Von der angularen Grösse der Lichtquelle hängt nur die Ausdehnung des belichteten Feldes ab. Daraus folgt unmittelbar, dass die Wirkung des Condensors durch die grössere Anzahl der Lichtpunkte, durch Zunahme der angularen Ausdehnung der Lichtquelle compensirbar ist. In der Praxis steht uns aber in der Regel keine genug intensive Lichtquelle von solcher Ausdehung zur Verfügung, welche einen modernen Condensor von grosser Apertur ersetzen könnte. Das ist dem oben Gesagten zufolge auch dann der Fall, wenn das Bild der Lichtquelle nicht genau in die Objectebene projicirt wird. Die intensivste, gleichmässigste, weisseste und für das reine Absorptionsbild beste Beleuchtung des Gesichtsfeldes ist auch nicht dann erreicht, wenn das Bild der Lichtquelle in die Objectebene, sondern wenn es etwas höher, in die vordere Hauptbrennebene des Objectivs projicirt wird (s. w. u.).

Also hängt die Intensität der Beleuchtung eines gegebenen Theiles der Objectebene bei gleicher specifischer Leuchtkraft und Ausdehnung der Lichtquelle nur von der Apertur der Lichtkegel ab, deren Spitzen die einzelnen Flächenelemente des zu beleuchtenden Theiles der Objectebene sind. Die maximale Beleuchtung mit durchfallendem Lichte ist also bei einer Apertur von 180° der einzelnen Lichtkegel erreicht, weil diese Apertur die maximale Zahl der in einem Punkte des Gesichtsfeldes zusammentreffenden Strahlen voraussetzt. Eine solche ist aber nicht realisirbar, und die vollkommenste ist die Beleuchtungsmethode, welche die grösste Annäherung an diese Apertur gestattet.

Wenn es nur auf die Intensität der Beleuchtung ankäme, so liesse sich die Apertur durch die grössere Leuchtkraft der Lichtquelle compensiren; es kommt aber auch, wie wir wissen, auf die Richtung der durch das Object gehenden Lichtstrahlen in allen Azimuthen sehr an, von welcher der Character des mikroskopischen Bildes wesentlich abhängt. Wäre es nicht so, so könnte man mit den directen Sonnenstrahlen, die man bald vertical, bald schief von vorne in die Objectebene fallen liesse, auskommen, man brauchte nur das Licht durch Rauchgläser zu mässigen. Nur wenn weder Sonnenlicht, noch electrisches Bogen-, Kalk- oder Magnesiumlicht zur Verfügung stände, müsste man durch Vergrössern der Apertur der Lichtkegel nachhelfen. Abgesehen aber davon, dass die Flächenausdehnung dieser Lichtquellen so gering ist, dass sie direct höchstens bei sehr starker Vergrösserung das ganze Gesichtsfeld mit gleichmässigem Lichte füllen, ist es jedem bekannt, dass die mit ihnen erhaltenen mikroskopischen Bilder nur ausnahmsweise brauchbaren Aufschluss über die Beschaffenheit des Objectes

geben. Möglich ist es indessen nicht nur die stärkste Beleuchtung aber auch die maximale Apertur der Lichtkegel ganz ohne Beleuchtungsapparat zu erreichen. In früheren Zeiten der Mikroskopie, als es noch nicht der einzige Zweck der Mikrotechnik war, das Mikroskop zu einem bequemen und jederzeit bereiten Hilfsmittel naturwissenschaftlicher Beobachtung zu machen, hat man solche Methoden sogar vorgeschlagen. Würde man das Mikroskop auf erhöhter Stelle gegen den Himmel richten und das Präparat, mit dem Deckglas nach vorne, auf der vorderen Fläche des Objecttisches befestigen, so hätte man in der Halbkugelfläche des Himmels eine Lichtquelle, deren angulare Ausdehnung in allen Azimuthen 180° ist. (Man könnte den Mikroskoptubus, wie bei den chemischen Mikroskopen oder beim grossen photographischen Mikroskop von NACHET [6], p. 409 d. v. W., unter spitzem Winkel brechen und bequem von oben in das Ocular hineinschauen). Unter Umständen ist, wie p. 438 und 459-461 gezeigt wurde, ohne alle besondere Mittel ein Beleuchtungsapparat auch praktisch entbehrlich zu machen und doch eine Beleuchtung von grosser Apertur zu erhalten. Also ist nicht einmal ein Spiegel absolut nothwendig. Wenn man sich aber von der Qualität der Lichtquelle möglichst unabhängig machen und die Möglichkeit der Beobachtung unter allen Umständen nach allen Richtungen sichern will, so braucht man, wie gesagt, unbedingt einen Condensor von der grössten Apertur und ohne sphärische und chromatische Aberration.

Da NÄGELI und SCHWENDENER noch nichts von der grossen wissenschaftlichen Bedeutung der reinen Farbenbilder wussten, so konnten sie eine grosse Apertur der Lichtkegel auch nicht gehörig würdigen. Sie denken überhaupt nur an Aperturen von wenigen Graden, wenn sie von der hinreichenden Grösse des Spiegels und Ausdehnung der Lichtquelle sprechen. „Unbegrenzt" ist in der Praxis die Lichtquelle meist nicht einmal relativ zu nennen; in der Regel hat sie vielmehr, auch wenn der Himmel dazu dient, dann infolge der Fensterrahmen, eine verhältnissmässig geringe angulare Ausdehnung. Um den Lichtkegeln eine Apertur von 53° geben zu können, müssen wir beim Gebrauch des Planspiegels das Mikroskop in 1 m Entfernung vom Fenster stellen, und die Fensterscheibe muss eine Breite von 1 m haben. Sehr oft ist keine der beiden Bedingungen zu realisiren. Benützen wir dagegen einen Hohlspiegel, dessen Krümmungsradius 10 cm, Durchmesser 5 cm und Entfernung von der Objectebene 5 cm ist, so braucht die Lichtquelle zum Erzeugen einer Apertur von 53° nur 5 cm breit in der Perspective zu erscheinen. Benützen wir endlich einen Condensor, so können wir mit einer Lichtquelle von noch geringerer Flächenausdehnung eine viel grössere Apertur erzielen. Der Condensor mit einer wenig ausgedehnten Lichtquelle ersetzt gewissermassen die relativ unbegrenzte Lichtquelle, die wir in der Wirklichkeit nicht verschaffen können. Freilich nennen NÄGELI und SCHWENDENER (p. 87) die Lichtquelle unbegrenzt, sobald sie über die durch die Blendung bestimmten Grenzen hinausgeht. Die einzige Blendung aber, welche die moderne Mikrotechnik dulden sollte, ist, soweit sie die Beengung der Apertur bewirkt, die Fassung des Condensorsystems. Etwas ganz anderes ist die Sehfeldblende, welche den belichteten Theil des Objectfeldes auf die Grösse des objectiven Sehfeldes beschränkt, um Reflexionen von dem Rande der Frontlinse und von der Fassung des Objectiv-

systems zu vermeiden. Sie schadet nie, sie ist oft sogar nützlich. Um die Apertur nicht zu beschränken, muss sie sich in der eingestellten Objectebene befinden; sie kann also keine körperliche Blende, sondern nur das hierher projicirte Bild einer anderswo liegenden Blende sein (s. die Beleuchtungsvorrichtung KÖHLER's [1], auf p. 416-417 d. v. W.). Diese Art Blendung kennen NÄGELI und SCHWENDENER nicht; sie wollen aber auch die Aperturblende über dem Condensor anbringen, obwohl diese dadurch bei schwächeren Vergrösserungen unnöthiger Weise auch das Sehfeld beengt, oder wenn sie das nicht thut, weil sie weit genug ist, dann reducirt sie die Apertur gerade bei schwächeren Vergrösserungen, wo eine grössere Apertur des Lichtkegels am ehesten überflüssig wird, nicht genug. Die Aperturblende functionirt unter dem Condensor am besten, weil sie hier die Apertur in dem erwünschten Grade beengen kann, ohne das Sehfeld zu beschränken (s. weiter unten zu NELSON [1] 1891).

Was den achromatischen Condensor betrifft, so haben sie darin Recht, dass ein chromatischer in den meisten Fällen dasselbe leistet. Bedarf es aber der maximalen Lichtstärke und Apertur, welche ein Condensor überhaupt liefern kann, so muss man den achromatischen und aplanatischen benutzen, weil die confocalen Strahlen der einzelnen Elementarbüschel auf einen umso geringeren Raum in der Objectebene vereinigt werden können, je vollkommener die chromatische und sphärische Aberration des Condensorsystems beseitigt ist (s. weiter unten zu ABBE [9] 1889).

Auch ein absolut reines, weisses Gesichtsfeld kann man nur dann in jedem Falle bekommen, wenn das Condensorsystem frei von chromatischer Aberration ist. Jedes confocale, elementare Strahlenbüschel wird durch den chromatischen Condensor statt in einem Focus, in einer Reihe von Brennpunkten vereinigt, welche hintereinander in der Achse des Strahlenbüschels liegen, und zwar der Focus der violetten Strahlen am nächsten zur hintersten (dem Objectfelde zugewandten) Linsenfläche des Condensorsystems, der der rothen Strahlen am entferntesten davon (das Condensorsystem ist chromatisch untercorrigirt). Je nachdem die Achsen der Strahlenbüschel einen verschiedenen Winkel mit der optischen Achse bilden, werden diese Brennpunkte in Ebenen liegen, welche die optische Achse in verschiedener Höhe schneiden; am höchsten liegen sie, wenn die Achse des Lichtbüschels parallel ist mit der optischen Achse, am tiefsten, wenn sie mit ihr den grössten Winkel bildet. Je ausgedehnter die Lichtquelle, je verschiedener also die Richtungen, in welcher sie elementare Lichtbüschel in den Condensor sendet, um so zahlreichere Brennpunkte verschieden gefärbter Lichtstrahlen werden in gewissen Ebenen zu liegen kommen. Am reinsten weiss und am hellsten erscheint das Gesichtsfeld, wenn man eine dieser Ebenen eingestellt hat; bei tieferer Einstellung des Objectivsystems (oder bei höherer Stellung des Condensorsystems) überwiegt der bläulich-violette, bei höherer Einstellung der röthlich-gelbe Ton, und in beiden Fällen verliert man an Helligkeit. Je ausgedehnter die Lichtquelle, je grösser das objective Sehfeld und je grösser die Tiefe des Objectivsystems, um so weniger wird dieser Unterschied auffallen, um so leichter ist es also, ein rein weisses Gesichtsfeld von maximaler Helligkeit zu bekommen. Je kleiner dagegen die Lichtquelle, je kleiner das objective Sehfeld und je grösser die Apertur des Objectivsystems,

also je geringer seine Tiefe, einen um so grösseren Einfluss werden schon geringe Verstellungen des Condensorsystems in der optischen Achse auf die Lichtintensität des Gesichtsfeldes, auf den Charakter und auf die Schärfe des mikroskopischen Bildes haben, und es wird in gewissen Fällen unmöglich, ein vollkommen farbloses Gesichtsfeld von der nöthigen Lichtintensität zu bekommen. Stellt man das Condensorsystem so tief, dass die Brennpunkte der weniger gebrochenen Strahlen in die für die Ocularbeobachtung eingestellte Objectebene fallen, so wird nicht nur das Gesichtsfeld eine mehr gelbliche Färbung bekommen, sondern es werden vorwiegend weniger schief einfallende Lichtstrahlen gleichzeitig mit ihren confocalen in das Objectiv gelangen, welche zwar optisch sehr wirksam sind, aber am wenigsten zum Auslöschen des Refractions- und Diffractionsbildes, also zum Erzeugen des reinen Farbenbildes beitragen (andrerseits auch ein schwieriges Structurbild, etwa Diatomeenstreifen, unaufgelöst lassen). Stellt man hingegen das Condensorsystem so hoch, dass die Brennpunkte der stärker gebrochenen Strahlen in die Objectebene fallen, so spielen zwar die am schiefsten einfallenden Strahlen die grösste Rolle in der Beleuchtung des Gesichtsfeldes, welches einen mehr bläulichen Schimmer bekommt, und in der Erzeugung des mikroskopischen Bildes, welches zu einem reinen Farbenbilde wird (oder je nach dem auch die Auflösung feinster Structuren enthält), aber eventuell wird dadurch die Lichtintensität für das Auge und der Contrast des freien Gesichtsfeldes mit den gefärbten Elementen weniger günstig. Allerdings wird durch die Einschaltung des Objectträgers die Entfernung des Brennpunktes der violetten Strahlen von dem der rothen etwas gemindert, indem ersterer eine stärkere Hebung durch die eingeschaltete Glasschichte erfährt als letzterer (es erfolgt eine die durch den Condensor bewirkte Untercorrection etwas compensirende Uebercorrection durch den Objectträger[1]; nichtsdestoweniger muss man aber das Optimum der Condensorstellung für ein bestimmtes Farbenbild durch Probiren feststellen, und nie ist dieses Optimum dann erreicht, wenn das Bild von entfernten Gegenständen (oder überhaupt der Lichtquelle) in die Objectebene projicirt erscheint, es muss immer etwas höher liegen (s. w. u.). Alle diese Schwierigkeiten fallen weg, wenn man einen in jeder Beziehung gut corrigirten achromatischen (noch besser apochromatischen) Condensor benützt.

Für schiefe Beleuchtung soll nach Nägeli und Schwendener eine seitlich verschiebbare Blendung mit einer entsprechenden Spiegelstellung combinirt in den meisten Fällen dasselbe leisten, wie die complicirteren Apparate. Sehr schiefes Licht hat aber nur dann die oft sehr erwünschte

[1]) Bei meinem chromatischen Abbe'schen Condensor von 1·40 Apertur liegt der Brennpunkt der rothen Strahlen beinahe um 1/4 mm (nahezu 250 μ) höher als der der violetten Strahlen. Durch Auflegen eines Objectträgers von ungefähr 1 mm Dicke, wird der Brennpunkt der violetten Strahlen etwa um 300 μ, der der rothen um etwa 250 μ gehoben, sodass der schliessliche Höhenunterschied der exstremsten Brennpunkte, wenn man auch die Wirkung der Schichte des Einschlussmediums in Betracht zieht, nicht ganz 1/5 mm ausmacht.

grössere Intensität, wenn es in Form eines Lichtkegels von grösserer Apertur, als es ohne Condensor möglich ist, auf das Object einfällt. Für obere Beleuchtung schlagen NÄGELI und SCHWENDENER, ohne ihn auch construirt und versucht zu haben, eine ähnliche Einrichtung vor, wie RICH. BECK's eben beschriebenes (p. 466) Halbparaboloid. Ueberhaupt fussen ihre Ansichten zum grossen Theil auf rein theoretischen und schematischen Erwägungen und stehen vielfach mit experimentell leicht feststellbaren Thatsachen im Gegensatz.

1865-1866 HAMILTON L. SMITH [6] führt 1865 das heute auch beibehaltene Princip des Vertical-Illuminators ein (s. p. 62 des Preisverzeichnisses No. 31 von ZEISS aus 1898 und p. 27 in No. 19 von REICHERT aus 1896), dass die Lichtstrahlen, in horizontaler Richtung durch eine seitliche Oeffnung in den Mikroskoptubus eingetreten, dort durch eine Vorrichtung, welche den Weg der bilderzeugenden, vom Objectiv zurückkommenden Strahlen weder ganz versperrt noch stark alterirt, gegen das Objectiv zum Theil oder total reflectirt und von diesem auf das Object concentrirt werden. RICHARD BECK [3] hat nun dieses Princip in der folgenden Weise angewendet. Zum Reflectiren der horizontalen Lichtstrahlen dient eine dünne Scheibe von Glas (bei SMITH ein kleiner Silberspiegel, welcher nur einen geringen Theil der vom Objectiv zurückkehrenden Strahlen abschneidet). Sie ist in ein Zwischenstück, das (wie bei den Diffractionsversuchen von ABBE) zwischen dem eigentlichen Mikroskoptubus und dem Objectivsystem eingeschraubt wird, durch einen seitlichen Schlitz hineingesteckt und wird in der optischen Achse unter 45° gestellt. Zum Eintritt des Lichtes befindet sich in dem Zwischenstück vorne eine runde Oeffnung. BECK betont die Schwierigkeiten, mit welchen die Anwendung dieses Apparates verknüpft ist. Durchsichtige Objecte mussten auf eine dunkle, matte Unterlage gelegt werden. So konnte man aber sogar Diatomeen-Structuren untersuchen, also stärkste Vergrösserungen anwenden. — E. G. LOBB [2]: die in England bei Test-Mikrographen und Dilettanten übliche Beleuchtungsvorrichtung mit dem Condensor für starke Vergrösserungen. Typisch, aber nichts Neues. — Wichtig ist dagegen die Mittheilung von SIDNEY B. KINCAID [1], nicht als ob sie einen practisch bewährten Vorschlag bringen würde, sondern weil sie zuerst auf die Vortheile der Irisdiaphragmen in der Mikroskopie aufmerksam gemacht hat, welche bei astronomischen Fernröhren schon seit einigen Jahren in Gebrauch waren. Sehr primitiv ist aber die hier empfohlene Form. Ein Stück Kautschukröhre ist an die entgegengesetzten Enden von zwei in einander gesteckten Messingröhren innen befestigt. Die äussere Röhre ist unbeweglich, die innere kann herumgedreht werden. Dadurch erfährt die Kautschukröhre eine Torsion und eine Einschnürung in der Mitte; sie gestaltet sich zu zwei Trichtern, die mit einander durch eine Oeffnung communiciren, welche um so enger wird, je weiter die Torsion geht. Vor dem DOLLOND'schen Diaphragma hat die Einrichtung nur den Vortheil, dass die Oeffnung rund bleibt, während sie sich verkleinert. — B. WILLS RICHARDSON [1] und [1a] schlägt eine Reihe von Blendscheiben mit verschieden geformten und gelagerten, mehreren und wenigeren Oeffnungen vor für schiefe Beleuchtung. Einen Sinn haben nur zwei: bei der einen befindet sich ein Einschnitt am Rande der Scheibe auf der einen Seite, bei der anderen auf zwei entgegengesetzten Stellen. — W. PREYER [2] benützt zum Bestimmen des Verhaltens ver-

schiedener gefärbter Substanzen dieselbe Anordnung, wie CASTRACANE [1a], dessen Versuche ihm, wie es scheint, noch nicht bekannt waren, allerdings auch ganz anderen Zwecken dienten. Er verbindet einen BUNSEN-KIRCHHOFF'schen Spectralapparat in der Weise mit dem Mikroskop, dass er nach Entfernung des Fernrohroculars das Spectrum der Sonne oder einer Petroleumlampe auf den Spiegel des in gewöhnlicher Weise vertical stehenden Mikroskops fallen lässt. Durch Drehung des Prismas oder des Spiegels können die Farben des Spectrums hintereinander durch das Gesichtsfeld geführt werden, welches, falls das objective Sehfeld des benutzten Objecttivsystems klein genug ist, in verschiedener monochromatischer Beleuchtung erscheint. Fremdes Licht muss sorgfältig ausgeschlossen werden, man arbeitet daher nach PREYER (p. 92) am besten in einem dunklen Raum. Doch ist es nicht zu vermeiden, dass sich dem durch das Prisma vollständig zerlegten Lichte auch etwas unzerlegtes beimische, welches durch den Spectroskopspalt eindringt, ausser man macht den Spalt so schmal, dass das Licht zur Beobachtung nicht mehr ausreicht. Aber diese Beimischung von unzerlegtem Lichte ist auch nöthig, nur muss man, um vergleichen zu können, stets dasselbe Quantum zu dem rein monochromatischen Licht von jeder Farbe sich beimischen lassen. Ist das Licht ganz rein monochromatisch, so erscheint eine gefärbte Substanz nur in derjenigen Farbe nicht dunkel bis schwarz, welche ihrer eigenen Farbe entspricht; so kann im Natriumlicht auch eine Substanz schwarz erscheinen, welche gelbe Lichtstrahlen nicht absorbirt. Ist dagegen unzerlegtes, weisses Licht beigemischt, so erscheint die betreffende Substanz nur in denjenigen Theilen des Spectrums schwarz oder verdunkelt, deren Strahlen sie absorbirt, welche also auch in ihrem Spectrum fehlen, durch einen vollkommenen Absorptionsstreifen vertreten, beziehungsweise durch mehrere Absorptionslinien unterbrochen sind. „Aus dem Schwarzwerden“ sagt PREYER p. 97, „selbst sehr kleiner gefärbter Partikel in dem einen oder anderen monochromatischen Lichte unter dem Mikroskope, kurz aus ihrem mikrochromatischen Verhalten lässt sich auf das Spectrum der in Partikeln enthaltenen Substanz, folglich auf diese selbst schliessen.“ Diese und andere Methoden der mikrochromatischen Untersuchungen — wir wollen sie mit PREYER's Ausdruck so nennen, — hätten natürlich auch unter den mikrospectroskopischen weiter unten aufgezählt werden können, sie dienen aber auch als monochromatische Beleuchtungsmethoden für andere Zwecke, mögen also auch hier an ihrem Platze sein. — Seine neue optische Methode, die der Schlierenbeobachtung, welche er 1864 [1] eingeführt hat, sucht nun A. TÖPLER [2] durch eine leicht zu applicirende Veränderung beim Mikroskop anzuwenden und dieses zu einem Schlierenapparate in kleinem Massstabe umzugestalten. Die Methode ist ja so empfindlich, dass damit sogar die Lufterschütterungen, die in Form von Schall von der Entladungsstrecke kräftiger elektrischer Funken ausgehen, als ausgebildete Wellensphäroïde zu sehen sind; und da der Mikroskopiker sehr häufig in die Lage kommt, äusserst durchsichtige Dinge zu beobachten, so käme ihm eine solche Methode, wenn sie auch beim Mikroskop nicht gerade jene Empfindlichkeit erreichen könnte, sehr zu statten. In Wirklichkeit ruft aber die Schlierenmethode, sowohl die makroskopische, als auch die mikroskopische nichts anderes als eine Dunkelfeldbeleuchtung

hervor, beim Mikroskop indem sie die Mitwirkung des dioptrischen Strahlenbündels an der Erzeugung des mikroskopischen Bildes ausschliesst. Und hätte TÖPLER etwas mehr von der Mikrotechnik gekannt, als was bei NÄGELI und SCHWENDENER [1] zu lesen war, so hätte er seinem Schieberapparat kaum den Vorzug geben können „vor allen jetzt bekannten Apparaten für schiefe Beleuchtung" (p. 597), wenigstens nicht aus den angeführten Gründen, höchstens aus dem Grunde einer gewissen Einfachheit. Sein Verfahren besteht nämlich darin, dass er in den Weg der Lichtstrahlen im Mikroskop, dort, wo das Bild der Blendung (oder der Lichtquelle) hinter dem Objectivsystem entsteht, einen Schieber mit nach unten abgeschrägter Kante vorschiebt, bis er alle Lichtstrahlen, deren Richtung durch das Object nicht stark verändert ist, abgeschnitten hat. So lässt er an der Bilderzeugung nur jene Strahlen sich betheiligen, welche von der optischen Achse stark abgelenkt wurden, umgekehrt, wie bei der bis jetzt besprochenen Dunkelfeldbeleuchtung, welche TÖPLER nicht gekannt zu haben scheint. Allerdings ist sie bei NÄGELI und SCHWENDENER sehr flüchtig behandelt, kaum erwähnt. Den Schieber bringt er in einem Einsatzstücke zwischen Mikroskoprohr und den Objectivlinsen an, wie er beim Vertical-Illuminator gebraucht wird (seit SMITH und BECK, s. w. o.). Natürlich ist ein durch Diffraction entstandenes Structurbild nur dann sichtbar, wenn zwischen der Schieberkante und dem Rande des Tubusdurchschnittes noch Raum bleibt mindestens für zwei Diffractionspinsel. TÖPLER konnte sich nun nicht erklären (p. 570), warum die mit der Kante des vorgeschobenen Schiebers parallelen Streifen eines Diatomeenpanzers schon längst verschwinden, bevor das Gesichtsfeld sich sichtlich verdunkelt, während die auf die Schieberkante rechtwinkligen Streifen um so deutlicher werden. Er meinte, man sollte das Umgekehrte vermuthen, und bewies dadurch, dass er keinen richtigen Begriff von der Wirkungsweise seines Apparates beim Mikroskop hatte. Er hat einen solchen, vor den Experimenten ABBE's ([2] 1873), auch nicht haben können. Erst durch ABBE (s. w. u.) haben wir ja gelernt, dass zu dem Zustandekommen gewisser Structurbilder die Zusammenwirkung von mindestens eines Diffractionsbündels mit dem dioptrischen ungebeugten Strahlenbündel oder mit einem anderen Diffractionsbündel nothwendig ist. Im ersteren Falle erscheint die Structur auf beleuchtetem, im letzteren auf dunklem Grunde. Nun steht der durch eine feine Streifung erzeugte Diffractionsfächer vertical auf der Streifung. Das beim Vorschieben der Schieberkante noch offen bleibende Kreissegment hatte nicht mehr die nöthige Höhe, um confocale Strahlen von zwei Strahlenbündeln des auf die Sehne des Segmentes (die Schieberkante) verticalen Fächers durchzulassen, also verschwand die mit der Schieberkante parallele Streifung, wogegen die zur Bilderzeugung nöthigen Strahlen des damit parallelen Fächers Raum in der Breite des offenen Kreissegmentes hatten, und so kam die auf die andere verticale Streifung um so ungetrübter zum Vorschein. Damit ein scharfes Bild der Blendung in der Schieberebene erscheint, wird nach TÖPLER entweder die Blende in der optischen Achse auf- oder abbewegt, oder, je nachdem, ihr Bild erst in passende Nähe zum Objectiv projicirt, respective eine längere Schaltröhre genommen. Seitliche Verschiebung der Blende wirke so, wie weitere Vorschiebung der Schieberkante. Mit NÄGELI und SCHWENDENER, von dessen

Werke TÖPLER p. 559 behauptet, es sei das einzige über das Mikroskop, welches einer correcten Auffassung vom Standpunkte der theoretischen Physik entspricht, nennt er diejenige die bei starken Objectiven in der Regel vorkommende Anordnung, wo die Apertur des Objectivs die des beleuchtenden Strahlenbüschels bei weitem überwiegt. Leider war es in der That meist so, und solche Auseinandersetzungen, wie die von TÖPLER des Weiteren über die schiefe Beleuchtung, trugen dazu bei, dass es auch lange so geblieben ist. Ganz unvertraut mit den Zwecken der praktischen Mikroskopie, sieht er eine Hauptaufgabe der Beleuchtung darin, dass sie dunkle „Schattirungen“ in dem Bilde hervorrufe, also etwas, was die Mikrotechnik heute entbehrlich zu machen und dann vollkommen zu beseitigen sucht. Für Fälle, wo dies, namentlich bei lebenden Objecten, unmöglich ist, und wo andere Methoden der Dunkelfeldbeleuchtung, also ebenfalls gerade bei zarten lebenden Objecten, infolge der zur Erhaltung ihres Lebens nothwendigen Vorrichtungen, nicht gut anwendbar sind, dürfte indessen auch die TÖPLER'sche Methode practische Verwerthung finden. Man darf aber nicht vergessen, dass sie nur den einen Zweck der schiefen Beleuchtung, auch diesen auf umgekehrtem Wege zu erreichen vermag. Die schiefe Beleuchtung hat nämlich zwei grundverschiedene Zwecke, von welchen ältere Autoren bis ABBE [2] 1873 nur den einen einsehen konnten und bewusst zu fördern verstanden. Diese ist, die durch die verschieden brechende Substanzen, die sich im Gesichtsfelde befinden, bewirkte Verschiedenheit im Gange der Lichtstrahlen grösser zu machen, als sie bei axialer Beleuchtung ist, damit die Kontraste zwischen den verschieden hellen Bestandtheilen des mikroskopischen Bildes grösser werden. Das werden sie aber auch dann, wenn man die Helligkeit gewisser Bestandtheile vermindert, und die der anderen gleich bleibt, ebenso, wie wenn man bei gleichbleibender Helligkeit der einen, die der anderen vermehrt. Ersteres bewirkt der Schieber TÖPLER's, als er einen Theil der Lichtstrahlen abschneidet und so die Helligkeit derjenigen Bestandtheile des mikroskopischen Bildes, an deren Erzeugung sich die abgeschnittenen Strahlen betheiligt hätten, vermindert. Der zweite Zweck der schiefen Beleuchtung ist, wie wir schon wiederholt hervorgehoben haben, dem ungebeugten Strahlenbündel, welcher in die directe Fortsetzung des beleuchtenden Strahlenkegels fällt, eine solche Richtung zu geben, dass auch wenigstens ein, unter grossem Winkel von dieser abgebeugtes Strahlenbündel in das Objectiv mit eintreten kann, oder bei noch schieferer Beleuchtung, welche zur Dunkelfeldbeleuchtung führt, weil das ungebeugte Bündel nicht mehr Eintritt in die Objectivöffnung findet, dass zwei gebeugte Bündel gleichzeitig, mit confocalen Strahlen von der Objectivöffnung aufgenommen werden. Das kann nun die Vorschiebung des TÖPLER'schen Schiebers nicht, weil sie die Richtung des ungebeugten (des sogenannten dioptrischen) Strahlenbündels (überhaupt den Gang keines Strahls, abgesehen von den durch die Schieberkante bewirkten Ablenkungen, die aber TÖPLER unberücksichtigt lässt) nicht ändert. Die Methode kann also zarte Gebilde auffälliger machen, aber feinere Structurverhältnisse wird sie, statt zu ihrer Lösung beizutragen, vielfach nur verdecken. — So hat auch weder der ur-

sprüngliche, noch der später von W. SIEBERT [1] 1882 ausgeführte TÖPLER-sche Apparat Eingang in die mikroskopische Praxis gefunden. — Auch in Betreff der Beleuchtung ist das Buch HARTING's [1] aus 1866 das beste und vollständigste, was bis zu jener Zeit geschaffen wurde; ja es existirt noch immer kein Buch, welches für den gegenwärtigen Stand der mikroskopischen Wissenschaften nur annähernd das leisten würde, was das HARTING'sche für die damalige Zeit. Die allgemeine Behandlung der Beleuchtungsmethoden (Bd. 1, p. 225-261) wird der theoretischen Physik weniger gerecht als bei NÄGELI und SCHWENDENER, ist aber im Ganzen und Grossen doch richtiger, weil sie nicht so einseitig und schematisch ist, und weil sie mit den alltäglichen Erfahrungen des nicht nur auf einem eng umschlossenen Gebiete arbeitenden, praktischen Mikroskopikers vielmehr übereinstimmt. HARTING sucht die Fragen der Beleuchtung in Verbindung mit der Theorie der mikroskopischen Wahrnehmung (besonders auf p. 26-54, 2. Bd.) zu behandeln, und wenn er zu falschen Schlüssen kommt, so ist daran meist nur die Mangelhaftigkeit dieser Theorie, wie sie damals bestand, die Schuld, nicht, wie bei NÄGELI und SCHWENDENER so oft, Mangel an experimenteller Erfahrung. Die verschiedenen Beleuchtungsapparate werden auf p. 304-335 aufgezählt. Hier auf p. 319-322, Figur 151-154 befindet sich die ausführliche Beschreibung des Beleuchtungsapparates von HARTING selbst, den wir schon erwähnt haben. Er ist wirklich universal zu nennen, leistet aber in den einzelnen Richtungen bei weitem nicht das, was die mehr specialisirten englischen Apparate. Namentlich ist sein Condensorsystem sehr schwach; für gewöhnlich besteht es nur aus einer planconvexen, achromatischen Linse von 13·5 mm Brennweite, welche nöthigenfalls mit einem achromatischen Linsensystem von kürzerer Brennweite vertauscht werden kann. Demselben eine zur vollen Beleuchtung nöthige, der des Objectivsystems gleichkommende Apertur zu geben, lag fern von ihm. Nicht nur der Spiegel ist durch ein complicirtes Gelenk in allen Richtungen zu verstellen, sondern auch der Condensor ist, ausser auf und nieder zu bewegen, nach vorne zu verschieben und mit einem Charnier schief gegen die optische Achse zu richten. Die Diaphragmen sind in der für Aperturdiaphragmen einzig richtigen Weise unter dem Condensor angebracht, und zwar ein mit dem Condensor fest verbundenes DOLLOND'sches Diaphragma (s. weiter oben p. 446) und ein Schieberdiaphragma mit verschieden grossen Löchern und Stopfenblenden, letzteres um auch exentrische Abblendung vornehmen zu können. Als blaues Lichtfilter empfiehlt HARTING (1. Bd. p. 255) eine sehr verdünnte Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak. Schon HARTING rühmt besonders das durch Reflexion des Sonnenlichtes, electrischen Bogen- oder Kalklichtes von weissen Flächen entstandene Licht. Bei gewöhnlichem Lampen- oder Gaslicht lässt er eine nur an einer Fläche matt geschliffene Glasscheibe zwischen Spiegel und Object anbringen oder das Object auf solches Glas legen. Den Unterschied in der Wirkung dieser beiden Anwendungsweisen kennt er nicht, weil die auch von ihm gebrauchte Anordnung der Beleuchtung keine Farbenbilder erlaubt hätte, selbst wenn die damaligen Präparate danach gewesen wären.

1867 Im Wesentlichen aus HARTING [1] schöpft auch DIPPEL [1a] 1867 die Darstellung der mikroskopischen Beleuchtung (p. 50-61), welche bei ihm diesmal noch ziemlich dürftig ausgefallen ist. Da er die complicirten Apparate

für unnöthig hält, zählt er nur den von WOLLASTON, DUJARDIN und HARTING, das Prisma von NACHET und AMICI (letzteres abgebildet auf p. 223, Figur 166) und den LIEBERKÜHN'schen Spiegel auf. — MOUCHET [1] protestirt dagegen, dass man die monochromatische Beleuchtungsmethode CASTRACANE's als neu bezeichne, da auch er sie nach Anweisung AMICI's seit elf Jahren anwendet. — Von den verschiedenen monochromatischen Lichtarten benützt J. J. WOODWARD [1] zum Auflösen der Diatomeen die violette, ist aber darin nur durch die actinische Wirkung dieses Lichtes, durch Photographierücksichten geleitet, nicht durch Rücksichten, welche uns heute bestimmen, kurzwelliges Licht zu benutzen. Er hält es für besser, das violette Licht statt durch das Prisma, durch Filtriren des Lichtes durch eine planparallele Spiegelglas-Cuvette mit concentrirter Lösung von Kupfersulfat in Ammoniakwasser, was zuerst von BAER vorgeschlagen und, wie erwähnt, in der Mikroskopie auch von HARTING schon angewendet wurde. — J. B. READE [2] giebt auch für schiefe Beleuchtung den violetten Strahlen den Vorzug, weil sie stärker brechbar sind, also am schiefsten einfallen (p. 4). Er beschreibt statt der gewöhnlich gebrauchten einfachen hemisphärischen Linse, des billigen Ersatzes eines Condensors, eine Combination von zwei solchen Linsen, einer grösseren unteren und einer kleineren oberen, wodurch eine grössere Apertur des Beleuchtungskegels erreicht wird. Die Combination ist natürlich stark chromatisch und mit einer noch grösseren sphärischen Aberration behaftet. Das findet aber READE gerade recht, weil dadurch bei stärkeren Vergrösserungen die Möglichkeit geboten ist, das Gesichtsfeld je nach der Stellung des Linsenpaares, mit verschiedenem monochromatischem Licht zu beleuchten, da sich die verschieden brechbaren Strahlen in verschiedenen Ebenen vereinigen (so, wie mit dem Glaskegel NACHET's, s. oben p. 464). Diaphragmen, verschieden geformte, bringt er zwischen den beiden Linsen an (p. 5). — J. H. BROWN [1]: die erste kurze Beschreibung eines für Mikroskopie bestimmten Irisdiaphragmas im Wesentlichen von der auch heute gebräuchlichen Construction, aus dreieckigen Stahlplättchen (Kreissectoren) mit geschweiften Rändern, die sich über einander verschieben und eine stets rund bleibende Oeffnung verengen und erweitern. — HENRY J. SLACK [2]: ein Diaphragma mit kleiner Oeffnung im Ocular, damit das ins Auge zu fassende Object nicht von einer breiten hellen Zone des Gesichtsfeldes umgeben sei, welche infolge überflüssigen Lichtes die Beobachtung erschwert. Das durch das Diaphragma klein gemachte Gesichtsfeld erleichtert auch die Demonstration von Gegenständen, die nur einen kleinen Theil des gewöhnlichen Gesichtsfeldes einnehmen. Heute pflegt man Ocularblenden (Ocularcylinderblende s. w. u.) besonders bei der Mikrophotographie und der Projection von Bildern für Demonstration zu benützen. — Es werden immer wieder „neue" Mikroskopirlampen vorgeschlagen. An dem gewöhnlichen Typus für Petroleum mit einer grossen Sammellinse vor und einem Reflector hinter der Flamme (s. z. B. auf p. 62-63 des Q. Journ. Micr. Sc. N. S. 7. Bd. 1867 die sogenannte „Bockett lamp") macht ELLIS G. LOBB [3] eine geringe Modification und er beschreibt eine auch von SAMUEL PIPER (p. 73). Es wurde überhaupt danach getrachtet, die Lampe für starke Vergrösserungen möglichst klein zu machen, damit man sie recht nahe zum Mikroskop stellen kann.

1868 So sagt z. B. BEALE [1] p. 20, dass er eine kleine „Paraffinlampe" mit rundem Docht benutzt und sie sogar für das Objectiv von 1/50" Brennweite (eine Specialität englischer Forscher, welche ihren Resultaten nichts weniger als zu Gute kam) von erstaunlicher Leistung findet. Ein Iris-Diaphragma ist bei BEALE auf Tafel XIII, Figur 59 unter dem Namen „Collins new graduating diaphragm" abgebildet und er sagt davon, dass es wohl bald alle anderen verdrängen wird (p. 25). Diese Prophezeiung hat sich merkwürdig spät, erst nach 20 Jahren erfüllt. Die Beleuchtung wird auf p. 17-26 sehr kurz, ohne alle Theorie behandelt. – EDWIN SMITH [1] macht mehrere practische Vorschläge für die Beleuchtung: zwei Diaphragmenscheiben unter dem Condensor, die sich übereinander drehen lassen; ein kleiner Tubus aus schwarzem Carton, in welchen das Objectivsystem hineingesteckt wird, zum Abhalten des auffallenden Lichtes; ein Kreissector aus dünnem Messingblech herausklappbar mit dem Centrum unter dem Objecttisch befestigt, mit drei runden Fenstern am Rande, so gross, wie die grösste Diaphragmenöffnung, das eine Fenster mit einer matten Scheibe, das andere mit einer matten Rauchglasscheibe, das dritte mit gewöhnlichem Rauchglase eingelegt, zum raschen Diffusmachen oder Wechseln der Intensität des Lichtes (Light-modifier); Mattiren des Lampencylinders nur auf der einen Seite, damit man das Licht einfach durch Umdrehen des Cylinders ändern kann. Lauter Vorschläge, deren Berücksichtigung manche complicirte Apparate späteren Datums überflüssig gemacht hätte. — WILLIAM ROBERTSON [1] schlägt vor, Condensoren von der Form von zwei sich unter rechtem Winkel schneidenden Halbcylindern zu benutzen. — Im Q. Journ. Micr. Sc. (N. S. 8. Bd. p. 107) ist ein Lampencylinder (nach FIDDIAN) von Metall, in der Höhe der Flamme kugelig aufgetrieben, abgebildet, aussen geschwärzt, innen reflectirend und an einer Seite mit einer runden, durch eine (gewöhnliche, matte oder farbige) Glasplatte verschlossenen Oeffnung, wo die Lichtstrahlen allein austreten können: — W. H. HALL [2] ein sehr complicirter Condensorapparat für die verschiedenen Beleuchtungen, auch mit polarisirtem Licht. Schwer und unpraktisch.

1869 F. H. WENHAM [8] kommt 1869 auf die von ihm vor 13 Jahren (s. oben p. 457-458) beschriebene Anwendungsweise des RAINEY'schen Prinzips der Beleuchtung opaker Objecte durch Lichtstrahlen, welche von der oberen Fläche des Deckglases total reflectirt werden, zurück. Er beschreibt weiter [9] auch eine Anordnung (Reflex-Illuminator) für Dunkelfeldbeleuchtung, bei welcher die Hypotenusen-Fläche eines gleichseitigen rechtwinkeligen Prismas zum Auflegen des Objectes dienen kann. Die durch die Kathetenflächen eindringenden Lichtstrahlen werden durch die Hypotenusenfläche total reflectirt; wenn aber ein Object mit Wasser darauf gelegt wird, so wird ein Theil der Lichtstrahlen durch das Object in das Mikroskop gelenkt, in welches kein anderes Licht eintreten darf. Ist das Object auf einem Objectträger montirt, so muss etwas Wasser zwischen diesen und das Prisma gebracht werden, und dann geht die Anordnung in die erste der vor 13 Jahren beschriebenen über. — J. B. READE [8] sucht die Vortheile der einseitigen schiefen Beleuchtung vor der zweiseitigen oder allseitigen darzuthun für die Erkennung der „wahren" Form der Gebilde, welche die Zeichnung der Diatomeen bedingen. Er bestätigt durch diese Beleuchtung, was WENHAM schon

vor 9 Jahren behauptete (s. bei G. C. WALLICH [1] eine Anmerkung der Herausgeber am Ende des Aufsatzes, p. 145), später ([10] 1864 p. 205) aufgegeben zu haben schien, aber in diesem Jahre in der oben erwähnten Arbeit ([8], p. 25-26) wieder bestätigte, dass die Zeichnung von *Pleurosigma* angulatum durch Reihen von Quarzkörnchen bedingt wird. (Dasselbe habe ich mit ganz anderen Mitteln, so zu sagen experimentell nachgewiesen, s. APÁTHY [10] 1892.) READE's Vorrichtung besteht einfach aus einem total reflectirenden Prisma unter dem Objecttisch, welches, um eine horizontale Achse drehbar, parallele Strahlen unter beliebigem Winkel in die Objectebene projicirt. Im Wesentlichen ist sie nichts weiter als das an Stelle des Spiegels von mehreren Mikrographen schon lange empfohlene Prisma, nur näher zur Objectebene angebracht. READE nennt ein solches Prisma „diatom-prism" und wundert sich, dass man es nicht schon lange benützt hat (p. 9). Ich glaube kaum besonders betonen zu müssen, dass das blosse Aussehen des Panzers, als ob er beiderseitig mit hemisphärischen Vorsprüngen besetzt wäre, noch keineswegs genügt, um die erwähnte Körnchenstructur für bewiesen betrachten zu können, wie es READE glaubt. — G. W. ROYSTON-PIGOTT [4] liess sich durch POWELL & LEALAND einen Condensor construiren, welcher ein concentrirtes Büschel von mit einander parallelen Strahlen unter in einer frontalen Ebene veränderlichem Winkel in die Objectebene wirft, indem er auf einem eingetheilten Kreisbogen verschiebbar befestigt ist. Schon NOBERT [1] suchte 1896 dieses Prinzip der Beleuchtung mit einem Lichtkegel von minimaler (bei ihm und ROYSTON-PIGOTT 0) Apertur einzuführen, und eigentlich blieb es bis in die neueste Zeit, in Deutschland nicht wenig unterstützt durch die Autorität ABBE's (s. w. u.) das herrschende. Auch die Bewegung des Condensors in einem Kreisbogen hatte schon J. D. SOLLITT [1] 1855 vorgeschlagen (s. oben p. 457). — Unter dem Titel „A suggested Plan for Dark-ground and oblique Illumination" giebt im Month. Micr. Journ. jemand den Rath, die Kanten einer vier- oder sechsseitigen stumpfen Pyramide unter verschiedenen Winkeln zur optischen Achse so zu facettiren, dass sie gleichzeitig für Objective von verschiedener Apertur als Beleuchtungsprisma diene (später als neue Entdeckung nochmals beschrieben s. w. u.). — THOMAS FIDDIAN [2]: vielleicht die praktischste und vollkommenste Petroleumlampe für mikroskopische Zwecke (abgesehen vielleicht von den Petroleum-Auerlampen, wenn sich diese bewähren sollten). Sie ist mit dem oben erwähnten reflectirenden Metallcylinder, einer grossen HERSCHELL'schen Sammellinse und einer mit Gyps belegten Platte, wenn die Lichtquelle reflectirtes Licht sein soll, versehen und sie ist nach allen Richtungen leicht verstellbar. FIDDIAN sucht damit den zuerst von WOLLASTON entwickelten, aber von FIDDIAN BREWSTER zugeschriebenen, obwohl von diesem nur übernommenen Principien der mikroskopischen Beleuchtung (p. 436 weiter oben) zu entsprechen.

ROBERT B. TOLLES [1] 1870: ein Vertical-Illuminator mit einem total reflectirenden Prisma zwischen der Front- und Mittellinse des Objectivsystems. Das Prisma verdeckt die eine Hälfte der Apertur des Objectivs, und diese dient zur Beleuchtung, während durch die andere Hälfte die vom Object zurückkommenden Strahlen zum Auge gelangen und das Bild erzeugen können. (Dasselbe geschieht bei der Vorrichtung von SORBY, (s. oben p. 466 **1870**

bei RICH. BECK [1]). — G. W. ROYSTON-PIGOTT [5] sucht darzuthun, dass keine gute Definition des Bildes erreichbar ist, wenn auch der Beleuchtungsapparat nicht frei ist von allen Fehlern der chromatischen und sphärischen Aberration. Die Reduction des Beleuchtungskegels auf ein axiales Bündel ist darum nothwendig, damit die Aberrationen vermindert werden, damit jeder Punkt der Lichtquelle möglichst annährend als ein Punkt in der Objectebene abgebildet wird. Weder ROYSTON-PIGOTT, noch ABBE und andere zogen aber in Betracht, dass die falschen Zuthaten zu dem mikroskopischen Bilde, welche durch den Einfluss des Objectes auf den Gang der Lichtstrahlen bedingt werden, viel grösser sind als die durch die ungenaue Abbildung der Lichtquelle durch den Beleuchtungsapparat verursachten, und dass die Sichtbarkeit jener Zuthaten durch die Verminderung der Apertur des Beleuchtungskegels gesteigert wird, wogegen sie durch Vergrössern der Apertur unsichtbar gemacht werden können. Was man an Deutlichkeit und Schärfe der Zeichnung verliert, das und noch viel mehr hat man durch die Befreiung des Bildes von jenen für die richtige Beobachtung gewonnen (s. auch w. u.). — J. MATTHEWS [2]: Objectiv als Condensor mit verstellbarer Achse. Nichts Neues.

1871 BROWNING [1] modificirt 1871 die Mikroskopirlampe nach FIDDIAN so, dass sie auf den kleinsten Raum zusammengepackt werden kann. Sie ist, auf einer verticalen Stange befestigt, um eine horizontale Achse drehbar, damit die Flamme je nach dem mit möglichst breiter oder schmaler Fläche dem Spiegel entgegen blickt. F. W. GRIFFIN [1]: über die Anwendung des „Diatom-prism“ von READE, welches als etwas ganz Neues, die Verwirklichung eines neuen Princips, des der einseitigen schiefen Beleuchtung, behandelt wird, obwohl ja, wie wir wissen, die ursprüngliche Anwendung des schiefen Lichtes schon auf diesem Princip beruht, und WENHAM [2] 1850 den Mängeln desselben durch die zweiseitige schiefe Beleuchtung entgegnen wollte. — R. B. TOLLES [2]: Vielleicht der erste directe Vorschlag, Immersionscondensoren zu benützen, d. h. die Luftschichte zwischen Condensor und Objectträger durch eine Flüssigkeit zu ersetzen. Allerdings war die Idee durch WENHAM schon sehr nahe gelegt.

1872 Indessen kam allmählich auch F. H. WENHAM von der zweiseitigen schiefen Beleuchtung zurück, indem er [11] 1872 seinen Reflex-Illuminator so modificirte, dass er sich nur darin von einem NACHET'schen Prisma für schiefe Beleuchtung unterscheidet, dass die dem Object zugekehrte Facette nicht mit den dort austretenden Lichtstrahlen, sondern mit der optischen Achse einen rechten Winkel bildet, also parallel ist mit der unteren Fläche des Objectträgers. Beide Flächen müssen mit einer Wasserschichte mit einander verbunden werden, damit die über den Grenzwinkel des Glases schief aus der Prismenfläche kommenden Lichtstrahlen von dieser nicht total reflectirt werden, sondern in den Objectträger hinübertreten können. Wenn sich das Objet zwischen Deckglas und Objectträger in einer Luftschichte befindet, so werden die Lichtstrahlen von der oberen Fläche des Objectträgers total reflectirt, ausser an Punkten, wo sich das Object in unmittelbarer Berührung mit dem Glase befindet. Hier dringen sie weiter in das Object ein, und dieses erscheint, wie oben erwähnt, als ob es auf dem dunklen Untergrunde selbst leuchtend wäre. Auf diese Weise waren die Streifen

von *Amphipleura* pellucida deutlich zu sehen. Von der chromatischen Aberration, mit welcher seine Vorrichtung natürlich in hohem Grade behaftet ist, sagt jetzt WENHAM p. 241, dass sie bei der Auflösung der Structuren von Testobjecten garnicht stört, ebensowenig, wie die durch die einseitige Beleuchtung sonst bedingten Schattenbilder, welche hier nicht auftreten, weil ja der Untergrund selbst schwarz ist. Von den früher vorgeschlagenen verschiedenen Anordnungen gesteht er, dass sie sehr schwer zu behandeln sind. — Auch J. J. WOODWARD [2], dem die engdültige Auflösung der Querstreifen von *Amphipleura* pellucida wohl zuerst gelungen ist, benützte dazu diesmal die einseitige schiefe Beleuchtung mit einem Strahlenconus von enger Apertur, und zwar directes Sonnenlicht, welches er durch eine entweder vor dem Spiegel oder zwischen Spiegel und Condensor angebrachte Zelle mit concentrirter Lösung von Kupfersulfat in starker Ammoniaklösung filtrirte. Als Condensor fand er ein gewöhnliches schwaches Objectivsystem von 1-3 Zoll Brennweite (p. 189), also ganz geringer Apertur auch für die Beobachtung mit den stärksten Linsen am besten, er stellte ihn auf einen besonderen Ständer so vor das horizontal umgelegte Mikroskop ohne Spiegel auf, dass er das Licht schief in die Objectebene concentrirte. Ueberhaupt scheint die Benutzung von soliden Beleuchtungskegeln mit grosser Apertur für eine Zeit lang ganz aus der Mode gekommen zu sein. Auch ABBE [5] war, wie wir gleich sehen werden, weit entfernt davon, die grosse Apertur seines Beleuchtungsapparates dazu benützen zu wollen. Die Ursache davon, dass das von ihm erzeugte, vermeintlich monochromatische violette Licht die Auflösung von *Amphipleura* dergl. erleichert, sieht WOODWARD (p. 190) noch darin, dass dabei der störende Einfluss der nicht ganz corrigirten chromatischen Aberration des Objectivsystems eliminirt wird. Er steht also in dieser Hinsicht noch auf dem Standpunkte BREWSTER's. — Im Erzeugen von gefärbtem Licht durch Gläser werden in diesem Jahre zwei Vorrichtungen vorgeschlagen. COLLINS [1] nennt eine, in einer Vertiefung des Objecttisches angebrachte rotirende Scheibe mit vier Fenstern, in welche eine matte und drei verschieden gefärbte Gläser eingelegt werden sollen, Light-Corrector. MOUCHET [2] will eine solche rotirende Scheibe mit mehreren Oeffnungen über dem Ocular anbringen, damit die schiefe Beleuchtung durch Dickermachen der Unterlage des Objectes nicht beeinträchtigt wird. Also war die von W. BERNHARD [1] 1891 vorgeschlagene rotirende Scheibe über dem Ocular zum Modificiren des vom Objecte kommenden Lichtes beim Zeichnen mit der Camera lucida schon 1872 dagewesen, allerdings nicht speciell für den von BERNHARD verfolgten Zweck empfohlen. Bequemer und besser als die Vorrichtung von COLLINS und MOUCHET ist der auf p. 480 erwähnte Light-modifier von EDWIN SMITH [1] 1868, welcher bei einem ABBE'schen Condensor von grösster Apertur unter dem Condensor angebracht, auch die grösste überhaupt brauchbare Schiefe der Beleuchtung zulässt. — HORSLEY [1]: Versilbern der Innenfläche der Messingröhre unter dem Ausschnitte des Objecttisches, z. B. derjenigen, in welche der Polarisator einzuschieben ist, für schiefe Beleuchtung. Die Strahlen, welche bei schiefer Spiegelstellung sonst nicht in die Objectebene gelangen können, weil sie die Wand der Messingröhre treffen, werden nun von der versilberten Fläche in die Objectebene reflectirt. — E. RICHARDS [1]: wieder zwei

leicht transportable, kleine Mikroskopirlampen. — Es wurde schon wiederholt vorgeschlagen, das WENHAM'sche Paraboloid mit Wasserimmersion zu benutzen. T. D. B. (TOLLES?) theilt im Amer. Natural. sein Verfahren mit, wie er die Höhlung des Paraboloids oben mit Wasser zu füllen und die Wasserfläche mit der unteren Fläche des Objectträgers in Berührung zu bringen pflegt. Eine grössere Rolle wird die Immersion des Condensors, wie wir sehen werden, erst nach Einführung der Oelimersions-Objectivsysteme spielen.

1873 Nun sind wir 1873 zur Mittheilung von E. ABBE [5] angelangt, mit welcher er den nach ihm benannten Beleuchtungsapparat in die Wissenschaft einführte. Es war daran eigentlich gar nichts Neues, er war, wenigstens in optischer Hinsicht, bedeutend schlechter, als die besseren englischen Condensoren (z. B. der von POWELL und LEALAND aus 1857), sogar die Gebrauchsanweisung, welche ABBE dazu gab, beruhte auf einer zu einseitigen Auffassung der Aufgabe des Beleuchtungsapparates. Seine Vortheile waren aber seine grössere Lichtstärke, sein bequemer Gebrauch und seine verhältnissmässige Billigkeit, — und dass er aus einer deutschen Werkstätte herauskam und so in die Hände von deutschen Forschern gelangte, die ihn nicht nur beim Beobachten von Testobjecten anwendeten. Seine grössere Lichtstärke verdankte er dem, dass er aus viel grösseren Linsen als die englischen Condensoren zusammengesetzt war. Dadurch konnte er eine grössere Anzahl der Lichtstrahlen, welche von je einem Punkte der Lichtquelle ausfahren, in sich aufnehmen; also enthielten auch die vom ABBE'schen Condensor ausfahrenden elementaren (von je einem Punkte der Lichtquelle stammenden) Lichtkegel bei gleicher Apertur mehrere Lichtstrahlen, als dieselben bei den englischen Condensoren. Diese Umstände waren es allein, die es verursachten, dass gerade der ABBE'sche Beleuchtungsapparat zu einer so grossen Rolle in der Förderung der Mikrobiologie kam und dass gerade damit in der richtigen Weise angestellte Beobachtungen einen früher ziemlich vernachlässigten Zweig der Mikrotechnik, die Tinctionstechnik, vielleicht zur wichtigsten unter allen gemacht haben, oder wenigstens sicher zu dem Zweige, von welchem wir auch für die Zukunft noch das meiste erwarten können. ABBE selbst hat dabei nicht nur nicht mitgeholfen, sondern er stand bis zur neuesten Zeit (s. ABBE [9] 1889) nur in dem Wege der Verbreitung der durch R. KOCH [3] 1878 erkannten wichtigsten Anwendungsweise seines Apparates. KOCH erkannte zuerst den grossen Nutzen, welchen die Mikrobiologie aus der Beobachtung von reinen Farbenbildern ziehen kann, und dass reine Farbenbilder bei Beleuchtung mit dem ABBE'schen Apparat nur dann entstehen, wenn die volle Apertur seines Linsensystems auf einmal in Wirkung tritt. Jetzt wissen wir von den Condensoren überhaupt, dass der Nutzen, den sie bei geringer Apertur gewähren, ganz verschwindet gegen ihre Vortheile, wenn man ihre volle Apertur zur Geltung kommen lässt, und sie sind um so werthvoller, eine je grössere auf einmal, in ihrem Ganzen auszunützende Apertur sie besitzen. Auch ABBE gab schon seinem ersten Condensor die verhältnissmässig grosse numerische Apertur von 1·20; dieser konnte noch Strahlen liefern, welche in einer Wasserschicht nahe 60° gegen die Achse geneigt waren. ABBE war aber weit entfernt davon,

diese ganze disponible Lichtfläche von grosser angularer Ausdehnung auf einmal in Wirkung treten lassen zu wollen. Durch Diaphragmenöffnungen von verschiedener Weite und bald centraler, bald mehr oder weniger excentrischer Lage sollte je ein kleiner frei auszuwählender Theil des ganzen Kegels zu dem Objecte zugelassen werden. Ganz auf dem Standpunkte von Nägeli und Schwendener, deren Beleuchtungsprincipen er allein zu verwirklichen sucht, meint er, dass nur in einer leichten Regulirung der Apertur und der Richtung des immer nur engen Strahlenkegels das einzige Feld zu suchen ist, „auf welchem ein complicirter Beleuchtungsapparat der gewöhnlichen einfachen Vorrichtung möglicher Weise Concurrenz machen kann“ (p. 471). Sonst verfolgen namentlich die englischen Condensoren, — lucus a non lucendo, weil sie das Licht eher verdünnen (p. 470) — lauter illusorische Zwecke, und das „erklärt den wohlverdienten Misscredit, in welchem dieselben bei fast allen Beobachtern stehen, die mit dem Mikroskop ernstlich arbeiten wollen“ (p. 474). Dazu sagt Abbe noch auf p. 470, dass die einfache Beleuchtungsvorrichtung mit dem Plan- oder Hohlspiegel unbedingt die wirksamste bleibt in Hinsicht auf die specifische Intensität der zu erzielenden Beleuchtung, und weiter auf p. 478, dass sein Apparat für sehr schiefes Licht, wenn es sich etwa darum handelt, an Testobjecten die äusserste Grenze des Auflösungsvermögens der Objective in Anspruch zu nehmen, nicht ganz das erreicht, was der einfache Hohlspiegel leisten kann. Auf diese Empfehlung des Autors selbst gewann der Abbe'sche Beleuchtungsapparat natürlich nur eine sehr geringe Verbreitung, da er ja durch den einfachen Hohlspiegel nicht nur ersetzt, sondern sogar übertroffen werden kann, bis Rob. Koch fünf Jahre später gezeigt hat, dass er viel mehr zu leisten vermag, als was ihm sein Autor zumuthete, und das, worin er sich besonders auszeichnet, unvergleichlich wichtiger ist, als was ihm Abbe zur Aufgabe gemacht hat. Und was vielleicht die Hauptsache ist, kann dies der Apparat auch unter Umständen, unter welchen die Erzeugung eines reinen Farbenbildes ohne ihn nicht möglich ist. Uebrigens hätte auch im Auflösen von Testobjecten, z. B. beim Sichtbarmachen der wirklichen Querstreifen von *Amphipleura* pellucida, schon der damalige Abbe'sche Apparat mehr geleistet als der seitlich verstellte Hohlspiegel allein, wenn ihn Abbe richtig anzuwenden gewusst, die hinterste Linsenfläche und den Objectträger mit Oel verbunden, den Apparat ganz hinaufgeschraubt und dabei den Hohlspiegel verwendet hätte. Statt dessen stellte Abbe als Regel auf, dass man mit seinem Beleuchtungsapparat den Planspiegel benützen muss, es aber (p. 475) für durchaus gleichgültig erklärte, ob das Bild der Lichtquelle genau im Niveau des Präparates oder etwas darunter oder darüber entsteht. Das ist aber in Wirklichkeit nur dann der Fall, wenn, wie ja Abbe wollte, nur ein kleiner Theil des ganzen erzielbaren Lichtkegels auf einmal benützt wird. Uebrigens bestand der erste Abbe'sche Condensor aus zwei unachromatischen Linsen mit einer mehr als halbkugeligen planconvexen hinteren Linse („Frontlinse“), deren Planfläche nach oben gerichtet ist. Sie waren, in eine Messinghülse eingepasst, von oben in den Tisch des Mikroskops zu stecken. Die Brennweite der ganzen Combination betrug etwa 15 mm, der obere Brennpunkt aber lag nur ein paar Millimeter über der planen Fläche der Hinterlinse. Der Spiegel, ein Planspiegel, war

nur um einen festen Punkt in der Achse des Instruments drehbar; aber nicht seitlich beweglich (auch die heutigen Spiegel der ZEISS'schen Werkstätte sind es nicht). Die Regulirung der Beleuchtung vermittelte ein besonderer, ausklappbarer, um die Achse drehbarer und auch excentrisch verstellbarer Diaphragmenträger einige Centimeter unter dem Tisch des Mikroskops, zwischen Spiegel und Condensor, nahe dem untern Brennpunkte des letzteren. Dem Apparat war ein Satz von Blenden, auch Sternblenden, beigegeben. Das Irisdiaphragma scheint ABBE überhaupt noch nicht gekannt zu haben. Ausser den erwähnten, gab ABBE auch andere Gebrauchsanweisungen zu seinem Apparate, die sich in der Praxis oft als unrichtig erweisen. So steht auf p. 477, dass, wenn der Spiegel einmal so eingestellt ist, dass der Condensor die volle Beleuchtung gewährt, so bleibt diese so lange bestehen, bis die Lichtquelle sich nicht ändert; auch die schiefe Beleuchtung erfolgt durch excentrische Verstellung der Diaphragmenöffnung ohne alle Nachhilfe am Spiegel. Das ist in der That der Fall, wenn sich die Lichtquelle mit ganz gleicher Intensität auf der ganzen Spiegelfläche spiegelt; da aber diese Bedingung in der Praxis meist nicht erfüllt ist, so muss man den Spiegel verstellen, bis die Lichtstrahlen von der am stärksten belichteten Stelle in passender Richtung in die Diaphragmenöffnung reflectirt werden. — Die der Beschreibung des Beleuchtungsapparates vorhergehende, die wirklich epochemachende Arbeit ABBE's [2], seine „Beiträge zur Theorie des Mikroskops etc.“ müssen auch hier erwähnt werden, weil die darin beschriebenen fundamentalen Experimente, welche die Rolle der Beugungspectra in der Erzeugung gewisser Structurbilder nachweisen, auch die eigentliche oder gewiss die wichtigere Bedeutung der schiefen Beleuchtung im Auflösen schwierigster Structuren erklären. Wie schon wiederholt erwähnt, ermöglicht die schiefe Beleuchtung, dass wenigstens ein gebeugtes Strahlenbündel und das ungebeugte (dioptrische) Bündel gleichzeitig in die Oeffnung des Objectivsystems eintreten, wogegen bei centraler Beleuchtung neben dem axial einfallenden ungebeugten Bündel kein gebeugtes Bündel Eintritt finden würde, weil schon die ersten Diffractionsbündel um mehr als den halben Oeffnungswinkel des Objectivs von dem dioptrischen Bündel abgebeugt sind, dass also die schiefe Beleuchtung das Auflösungsvermögen doppelt so gross macht, als es bei rein centraler Beleuchtung ist. Das folgt zwar schon aus der Diffractionstheorie FRAUNHOFER's, experimentell bewiesen hat es aber ABBE zuerst; und demgemäss hat er gleichzeitig dargethan, dass das Auflösungsvermögen des Mikroskops, wenigstens insofern es sich um Diffractionsbilder der Structurverhältnisse handelt, von der Apertur des Objectivsystems und von der Wellenlänge des benützten Lichtes abhängt, mit anderen Worten, dass die Entfernung (e) der von einander getrennt darstellbaren Structurelemente dem Sinus des halben Oeffnungswinkels des Objectivsystems umgekehrt und der Wellenlänge direct proportional ist (bei centraler Beleuchtung $e = \frac{\lambda}{\sin \alpha}$, bei schiefer Beleuchtung $e = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}$ [1]).

[1]) Später, als die seit den ersten Versuchen AMICI's aus 1844 (s. bei CH. ROBIN [3] 1871 p. 191-192) oft wieder aufgeworfene Idee der homogenen

Gleich hier will ich indessen bemerken, was weiter unten ausführlicher auseinandergesetzt werden soll (zu ABBE [16] 1880 und APÁTHY [9] 1893), dass ich weder in dieser Schrift ABBE's, noch in seinen späteren Veröffentlichungen über diesen Gegenstand oder in den Commentaren anderer Autoren zur Diffractionstheorie irgend einen Beweis dafür finde, dass das mikroskopische Bild von allerlei feineren Structurverhältnissen stets ein auf Diffraction beruhendes Interferenzbild (schlechthin Diffractionsbild) sein müsste und nie auf dioptrischem Wege entstehen, also nie nothwendigerweise objectähnlich sein könnte. In Wirklichkeit zeigte ABBE nur, dass die Structurverhältnisse derjenigen Objecte, an welchen er seine Experimente angestellt hat, unter den Bedingungen, welche bei seinen Experimenten vorhanden waren, nur durch Diffractionsbilder unter dem Mikroskop bekundet werden. Man kann sich aber leicht überzeugen, dass man von denselben Objecten, welche Diffractionsbilder geben, unter anderen Bedingungen auch solche Structurbilder erhalten kann, welche nicht den Character des Diffractionsbildes, sondern den des genau eingestellten dioptrischen Bildes haben und den sicher bekannten, weil von uns selbst hergestellten oder auf indirectem Wege, experimentell festgestellten Structurverhältnissen vollkommen übereinstimmen. Andrerseits ist es möglich, nachgewiesenermassen objectähnliche, dioptrische Structurbilder, welche sich beim Heben und Senken des Tubus nicht ändern, sondern aus dem Gesichtsfelde sofort verschwinden, in objectunähnliche Diffractionsbilder zu verwandeln, welche beim Heben und Senken des Mikroskops lange im Gesichtsfelde verbleiben; und zwar ist dies möglich, ohne an der Anordnung der Beleuchtungsvorrichtung oder des Mikroskops irgend etwas zu ändern, einfach dadurch, dass man durch ein Loch (oder einen Spalt, s. w. u.) in das Ocular hineinschaut, dessen Durchmesser ein gewisser Bruchtheil des Durchmessers des vom Ocular entworfenen Oeffnungsbildchens ist. Nimmt man ein noch engeres Loch, so verschwindet auch das Diffractionsbild der Structur, und die Conturzeichnung allein bleibt sichtbar. Die Erklärung dieser Thatsache findet sich in der ABBE'schen Theorie des mikroskopischen Sehens nicht, wohl aber in dem Aufsatze von HELMHOLTZ [2] 1874 über die Grenzen der Leistungsfähigkeit der Mikroskope, auf welchen wir gleich zurückkommen werden. ABBE zeigte uns, welche Rolle die Diffractionsspectra im Erzeugen des Diffractionsbildes spielen; er stellte aber ganz allgemein die These auf, dass ohne Wiedervereinigung von dioptrischen Strahlen mit zu ihnen gehörigen, von ihnen abgespalteten gebeugten Strahlen oder von gebeugten Strahlen, welche vom selben dioptrischen Strahl abgespaltet wurden (s. auch

---

Immersion auf Veranlassung von J. W. STEPHENSON [6] 1878 durch ABBE und ZEISS endlich in practischer Form ausgeführt wurde (s. ABBE [13] oder [13a] 1879), brachte ABBE [11] 1880 auch den Einfluss des Brechungsindex des Mediums, welches sich vor dem Objectivsystem befindet, in seiner Grundgleichung zum Ausdruck; die Entfernung e ist nämlich umgekehrt proportional mit jenem Brechungsindex (n). Den Factor $n \sin \alpha$ der Gleichung $e = \frac{\lambda}{n \sin \alpha}$ nannte ABBE von 1879 an (s. in [13a] p. 258) die „numerische Apertur" des betreffenden Objetivsystems. (Kurz zu bezeichnen mit N. A.)

bei ABBE [10] 1885) mit einander kein Structurbild entstehen kann, und daraus folgerte man, ABBE vielleicht weniger als seine Anhänger, dass das Structurbild überhaupt der durch das Object bewirkten Beugung zu verdanken ist. Die Conclusion von HELMHOLTZ ist dagegen die, dass hauptsächlich Beugungserscheinungen verhindern, dass das Mikroskop nicht noch feinere Structurverhältnisse aufzulösen vermag. Natürlich mussten daher HELMHOLTZ und ABBE die gleiche Abhängigkeit der Auflösungsgrenze von dem FRAUNHOFER'schen Diffractionsgesetze und demnach von der Wellenlänge des benutzten Lichtes und dem Oeffnungswinkel des Objectivs finden. Die Theorie von HELMHOLTZ lässt aber wenigstens an die Möglichkeit davon zu denken, dass die Grenzen der Leistungsfähigkeit unserer Mikroskope durch Beseitigen der Diffractionserscheinungen erweitert werden könnten. HELMHOLTZ vermochte sie nicht zu beseitigen. Dass man indessen die schädliche Wirkung der Diffraction wenigstens im Erzeugen des Objectivbildes eliminiren kann, soll weiter unten gezeigt werden. Die doch bestehenden Schranken der mikroskopischen Wahrnehmung kommen von der durch Diffraction bewirkten Verschlechterung des virtuellen Bildes, welches das Ocular vom reellen Objectivbild erzeugt, zu welcher sich das noch immer etwas mangelhafte Definitionsvermögen (tertiäres Spectrum, als Rest der chromatischen Aberration und eine gewisse sphärische Aberration) unserer besten, apochromatischen Mikroskope gesellt.

Die Auffassung, welche ABBE von einer richtigen Beleuchtung verbreitete, stand, wie gesagt, auch davon in dem Wege, dass wenigstens das Objectivbild vom schädlichen Einfluss der Diffraction befreit werde. Auch in diesem Aufsatze behandelt er die Beleuchtungsapparate auf p. 437-438 in jenem Sinne. Er sagt (p. 437), NÄGELI und SCHWENDENER hätten die Theorie der Beleuchtungsapparate, „die seit BREWSTER und WOLLASTON die partie honteuse der mikrographischen Doctrin gewesen ist, zuerst auf sichere und deutliche Begriffe gebracht“ etc. Weiter heisst es (p. 438): „Kein noch so künstlicher Beleuchtungsapparat (Condensor) giebt jemals eine intensivere Beleuchtung als die primäre Lichtquelle unmittelbar geben könnte, wenn man sie dem Objecte hinreichend nahe bringen würde.“ Das ist nun einmal richtig; aber es ist ganz unmöglich, die Lichtquelle so nahe zum Object zu bringen, wie man sie mittelbar durch den Condensor bringen kann; mit einem guten aplanatischen Condensor verlegen wir ja die Lichtquelle in die Objectebene, da jeder Punkt der Lichtebene dort als ein Punkt von — abgesehen vom Lichtverlust — derselben Leuchtkraft erscheint. Und daraus folgt, dass ein solcher Apparat nicht nur den Zweck erreichen kann, welchen ABBE als den einzigen von den Condensoren erreichbaren bezeichnet, „mit Hilfe einer Lichtquelle von gegebener Lage und gegebener Ausdehnung eine beliebig gelegene und beliebig begrenzte mittelbar leuchtende Fläche von einer — bis auf die Lichtverluste — gleichen Leuchtkraft unter dem mikroskopischen Präparat herzustellen.“ Ein Condensor von einer in ihrem Ganzen auf einmal zur Wirkung kommenden grossen Apertur trägt mit am wesentlichsten dazu bei, jedem Punkte der Objectebene gewissermaassen die Eigenschaften eines selbstleuchtenden Punktes zu verleihen, indem er in zahlreicheren und verschiedeneren Richtungen Lichtstrahlen zu jedem Punkte führt, als ohne Condensor in der Praxis möglich wäre, und so die Möglich-

keit giebt, dass von jedem Punkte mehr oder wenigere Lichtstrahlen auch in das Objectiv eintreten. Die Concentration des Lichtes bei der richtigen Anwendung eines guten Condensors, die Beseitigung der Interferenzlinien und anderer trügerischer Zuthaten des mikroskopischen Bildes u. s. w. ist also, wie wir noch sehen werden, doch keine Fabel (ABBE [5] 474) und der Name Condensor kein „lucus a non lucendo" (ebendort, p. 470).

Ein Beweis davon, für wie unnöthig Viele die Condensoren hielten, ist die Behauptung von J. EDWARD SMITH [1], dass er *Amphipleura* pellucida in Perlen aufgelöst hat mit Hilfe von gefärbten Gläsern und directem Sonnenlicht, ohne Condensor. (In Wirklichkeit hatte er nur durch falsche Interferenz erzeugte Trugbilder vor sich. Die Perlen von *Amphipleura* pellucida hat erst VAN HEURCK viel später (s. oben p. 386) sichtbar gemacht.) — EDWIN SMITH [2] wiederholt in Betreff der Beleuchtung nur das vor 5 Jahren schon Beschriebene (s. oben p. 480).

Erst im folgenden Jahre, 1874, veröffentlichte H. HELMHOLTZ [2] seine mit ABBE gleichzeitig gemachten Betrachtungen über die Grenzen des mikroskopischen Sehens. Er zieht zunächst die Diffraction, welche die Lichtstrahlen schon durch das Object erleiden, und auf welche ABBE das Hauptgewicht legt, gar nicht in Betracht. Und das ist auch ganz richtig, denn nicht die durch das Object bewirkte Diffraction ist es, was ein absolutes Hinderniss in den Weg der Erweiterung der Grenzen des mikroskopischen Sehens stellt. Die Diffraction durch das Object lässt sich vollkommen eliminiren und doch können die feinsten Structurverhältnisse, allein auf Grund der Absorption, unter dem Mikroskop dargestellt werden. Als das grösste Hinderniss zeigt uns HELMHOLTZ den Umstand, „dass ein einzelner Lichtpunkt, des mikroskopischen Objects, durch das Mikroskop gesehen, gerade so erscheinen muss, als würde ein am Orte seines Bildes befindlicher wirklicher Lichtpunkt durch eine Oeffnung betrachtet, welche in Bezug auf Ort und Grösse dem Ocularbilde der relativ engsten Blendung entspricht" (p. 572). Wenn man nämlich ein Object durch eine Oeffnung ansieht, deren Durchmesser geringer als 1·89 mm ist (p. 571), so erscheint jeder Punkt von abwechselnd hellen und dunkeln Ringen, sogenannten Interferenzfransen umgeben, welche durch die Diffraction der von den betreffenden Punkten kommenden Strahlen an den Rändern der Oeffnung entstehen. Sind die Interferenzfransen so breit, wie die Entfernung der von einander zu unterscheidenden Punkte, so fliessen diese im Bilde zusammen, und ihre Unterscheidung wird unmöglich. Die Breite der Interferenzfransen ist aber (mit Ausnahme der der beiden ersten, welche noch breiter sind) die Hälfte des Quotienten, welchen man erhält, wenn man die Wellenlänge des Lichtes im Medium des Objectes mit dem Divergenzwinkel der Strahlen dividirt, welche von dem betreffenden Objectpunkte zu den Rändern der Oeffnung gelangen ($\delta = {}^1/_2 \frac{\lambda}{\alpha}$, s. p. 582; oder, wenn der Divergenzwinkel gross ist, $\varepsilon = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}$, s. p. 574 und 583). Da nun der Divergenzwinkel von der Entfernung des Objectes und von dem Durchmesser der Oeffnung abhängt und mit dem letzteren wächst, werden die Interferenzfransen umso schmäler, je grösser die Oeffnung, also umso näher zu einander liegende Punkte noch unterscheidbar. Die Oeffnung, um

1874

die es sich hier handelt, ist aber der im Augenpunkte des Oculars gedachte (über dem Ocular als eine Lichtscheibe in der That sichtbare) Querschnitt des aus dem Mikroskop heraustretenden gesammten Strahlenbündels; sie ist das vom Ocular entworfene Bild der in dem Gang der Strahlen eingeschalteten engsten Blendung. Bei unseren stärkeren Vergrösserungen ist diese in der Regel die untere Oeffnung des Objectivsystems, wenn diese ganz von Lichtstrahlen erfüllt ist. Die Objecte, die wir mit dem Mikroskop untersuchen, sind nicht unmittelbar selbstleuchtend, also hängt es von der Apertur des beleuchtenden Strahlenkegels ab, ob die ganze Objectivöffnung oder eine reducirte Oeffnung in jenem Ocularbilde erscheint, welches alsdann entweder die maximale oder eine geringere Grösse besitzt. Ersteres findet statt, wenn die Apertur des Beleuchtungskegels mindestens gleich der des Objectivs, letzteres, wenn sie geringer ist. Daraus folgt, dass das grösste Auflösungsvermögen bei einer bestimmten Anordnung des Mikroskops erreicht ist, wenn die Apertur des Beleuchtungskegels gleich der des Objectivs ist, und dass die von ABBE empfohlenen engen Beleuchtungskegel das Bild am meisten verschlechtern und möglichst zu vermeiden sind. Allerdings kann das Object selbst so beschaffen sein, dass es ein enges Strahlenbündel entweder durch Brechung und Diffraction, oder durch Diffraction allein so ausbreitet, dass es beim Weiterschreiten vom Object zum Objectiv die Apertur des letzteren erhält. In dieser Weise können zwar sehr feine Zeichnungen im mikroskopischen Bilde erscheinen, solche können aber, wie ABBE wiederholt betont und wie es weiter unten auch für Fälle, wo es sich um keine nennenswerthe Diffraction von Seiten des Objectes handelt, gezeigt werden soll, nie unmittelbar auf im Object wirklich vorhandene Verhältnisse bezogen werden. Mit solchen Bildern dürfen wir uns also nur im Nothfall, wenn keine anderen zu erhalten sind, begnügen. HELMHOLTZ glaubte die von ihm nachgewiesene Diffraction des Mikroskops (nicht die vom Object herrührende und von ABBE betrachtete Diffraction) beseitigen zu können, „wenn man die Punkte der engen Oeffnung, welche die Diffraction erzeugt, zu von einander unabhängigen leuchtenden Punkten machte, indem man durch die Beleuchtungslinsen in der Ebene dieser Oeffnung ein scharfes optisches Bild der Lichtquelle, also etwa sonnenbeleuchteter Wolken, erzeugte“ (p. 577-578). Er hat indessen, obwohl er es nach der Theorie erwartete, keine Erfolge auf diesem Wege erzielt. Die Ursache davon sah er selbst (p. 579) darin, dass schon das von ihm benutzte Object eine starke Diffraction der Strahlen verursachte. Die Diffraction durch das Object kann man aber in der That beseitigen, und wenn es theoretisch möglich ist, die Diffraction des Mikroskops durch Verlegen der Lichtquelle in die fragliche Blendenebene des Mikroskops ebenfalls zu beseitigen, so folgt doch daraus, dass die von ABBE und HELMHOLTZ aufgestellten Grenzen der mikroskopischen Unterscheidung nicht absolut giltig sind. Um sie weiter, bis zu den durch das Definitionsvermögen des Mikroskops gesteckten Grenzen, auszudehnen, müsste man nur beide Hindernisse gleichzeitig beseitigen. Mir scheint dies auf die weiter unten zu besprechende Weise beim reinen Absorptionsbild in Wirklichkeit auch möglich zu sein, trotz der Ausdehnung der Diffractionstheorie durch ABBE [16 a] 1880 auf allerlei nicht selbstleuchtende Objecte (s. w. u.). ABBE behauptet sogar, dass eine Diffractionswirkung

der Linsenöffnung bei der Abbildung mit durchfallendem Lichte nicht existiren kann (so z. B. bei ABBE [16] p. 109, DIPPEL [1] p. 131 u. 132 und p. 156); dann brauchten wir nur die Diffractionswirkung des Objectes zu beseitigen. In Wirklichkeit verhält sich aber bei Erfüllung der Bedingungen des reinen Absorptionsbildes jeder Punkt der Objectebene wie ein selbstleuchtender Punkt, also muss die Diffractionswirkung der Linsenöffnung doch auch in Betracht gezogen werden. — Erwähnen will ich hier noch wieder, dass aus der ABBE - HELMHOLTZ'schen Gleichung ($e = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}$) auch das grössere Auflösungsvermögen der Immersionssysteme, namentlich der Oelimmersionen gefolgert werden kann, weil die Wellenlänge λ im Medium vor dem Objectiv umso kleiner ist, je grösser die Lichtbrechung (n) dieses Mediums. Freilich wurde das Princip der sowohl in Betreff der Brechung als auch der Dispersion homogenen Immersion erst 1878 - 1879 durch STEPHENSON [6] und ABBE [13] (s. w. u.) näher entwickelt.

JAMES SWIFT [1]: ein achromatischer Condensor mit Irisdiaphragma und einer Drehscheibe mit vier Fenstern, in welche eine Centralblende, eine Blende mit seitlicher Oeffnung und zwei Selenitplatten eingelegt werden. Ueber den letzteren dreht sich auch ein Ring mit einem Glimmerplättchen, und unter der Scheibe ist ein durch Drehen ein- und auschaltbares Polarisationsprisma. Die Apertur ist 140° (0·9 numerische Apertur), das Condensorsystem besteht aus zwei achromatischen Linsencombinationen und einer einfachen Hinterlinse („Frontlinse“, s. bei NELSON [1] p. 92). Der Apparat dient zu vielerlei Zwecken, deshalb ist er zu complicirt und er war auch wohl nicht leicht zu behandeln. Bei CARPENTER [2] p. 252 (Figur 199) ist der SWIFT'sche Condensor als für schwache Vergrösserungen bestimmt besprochen. — ROYSTON-PIGOTT [6]: Beleuchtung mit einem engen aplanatischen (von sphärischer und chromatischer Aberration freien) Strahlenpinsel durch ein Objectivsystem mit schiefer Achse. Bringt höchstens insofern Neues, als er einen Beleuchtungsapparat für umso besser hält, je dunklere Schatten er erzeugen kann, was entschieden falsch ist. — F. B. KIMBAL [1]: eine solide Kugel mit verschieden weiten Durchbohrungen, um ein Diameter als horizontale Achse drehbar, statt den Cylinderblenden, und ein Segment einer Hohlkugel mit Löchern, statt der Scheibenblende, beide mit dem Vortheil, dass die Diaphragmenöffnungen ganz an den Objectträger gebracht werden können.

1875

J. E. SMITH [2] beschreibt 1875 ein keilförmiges Diaphragma, einen dünnen geschwärzten Stahlstreifen, welcher unter spitzem Winkel gebogen, mit seinen Schenkeln gegen den Spiegel gekehrt und mit der Keilkante parallel zur Tischebene, nach Entfernung aller sonstigen Vorrichtungen unter der Tischöffnung angebracht wird. Beleuchtung mit einem hohlen Strahlenkeil, statt eines Strahlenconus. — Derselbe [3] beschreibt sein Verfahren bei der Beobachtung mit directem Sonnenlicht, welches durch eine grosse blaue Glasplatte vor dem Mikroskop gegangen ist. Als Beleuchtungsapparat benutzt er nur den Hohlspiegel und er behauptet, die Querstreifen von *Amphipleura pellucida* mit jedem leidlich guten 1/8-zölligen Objectivsystem lösen zu können, wenn die blauen Lichtstrahlen einseitig unter 40-50° auf die Unterseite des Objectträgers einfallen. Er glaubt, die ganze Zukunft der feineren Mikro-

graphie hängt von der Benutzung des monochromatischen, blauen Lichtes ab. Er erkannte also, dass die Auflösung gewisser schwieriger Structurverhältnisse nicht durch monochromatisches Licht überhaupt, sondern durch blaues Licht besonders erleichtert wird. Die wissenschaftliche Begründung dieser Thatsache, welche durch ABBE'S Experimente schon geboten war, gab er nicht. — F. H. WENHAM [12] meint, dass es bei mikroskopischen Objecten auch nicht genügt, das Object schief zu beleuchten, sondern man muss es auch von einer schiefen Richtung betrachten. Bei der gewöhnlichen schiefen mikroskopischen Beleuchtung geschieht dies zwar auch, weil die Lichtstrahlen auch in das Objectiv schief eintreten; dadurch kommen aber lediglich die ausseraxialen, weniger gut definirenden Zonen des Objectivsystems zur Wirkung. Um bei schiefer Beleuchtung doch die axiale Zone des Objectivsystems auszunützen, bringt er das Object zwischen die polirten Facetten einer schräg durchschnittenen Glasplatte. Die Beleuchtung kann dabei axial sein, denn die Strahlen werden beim Austritt aus der unteren schrägen Facette stark gegen die Mikroskopachse gebrochen und treffen so das auf dieser Facette liegende Object sehr schräg. Durch die obere Facette werden die Strahlen wieder parallel zur Mikroskopachse gemacht und so gelangen die schräg vom Object kommenden Strahlen doch in axialer Richtung in das Mikroskop. Dass WENHAM von diesem Verfahren irgend einen Erfolg für die Auflösung schwieriger Objecte hoffte, beweist nur, dass er es von ABBE noch nicht gelernt hatte, dass die schräge Beleuchtung nur dadurch ein grösseres Auflösungsvermögen dem Objectiv verleiht, weil sie den in das Mikroskop eintretenden Strahlen eine schräge Richtung zur optischen Achse giebt. Diesen also eine zur Achse parallele Richtung zu geben, vernichtet die beim Auflösen schwieriger Structuren wesentlichste Wirkung der auf das Object schief einfallenden Strahlen. — Ein Artikel von W. J. HICKIE [1] über Beleuchtung zeigt, wie gross allmählich die Autorität des NÄGELI-SCHWENDENER'schen Buches auch in England geworden ist, und wie die Condensoren allmählich auch in England in Misskredit gerathen sind, wie wir nun wissen, deshalb, weil man sie nicht zu den Zwecken verwendete, für welche sie entschieden grosse Dienste leisten, ja unentbehrlich werden können. — WHITTEL's [1] „neue" Beleuchtungsmethode besteht darin, dass von oben sehr schräg auf den Objectträger fallende Sonnenstrahlen von der unteren Fläche des Objectträgers auf das Object reflectirt werden und dieses gleichzeitig mit den von oben auffallenden mit von unten durchfallenden Strahlen beleuchten. Unnöthig und praktisch nicht verwerthbar.

1876 W. H. DALLINGER [1] 1876: Ueber die Wichtigkeit der genauen Centrirung des Beleuchtungsapparates bei sehr starken Vergrösserungen. Da gewisse Beleuchtungseffecte leichter durch vorsichtiges Verstellen der Lichtquelle, als durch das des Spiegels oder Condensors erzielt wurden, so construirte DALLINGER eine nach allen Richtungen durch feine Schrauben verstellbare Mikroskopirlampe. In der That macht das Bild der Lichtquelle schon bei geringer Aenderung der Spiegelstellung grosse Excursionen, und es gehört eine ruhige Hand dazu, um das Bild der Lichtquelle in schwierigen Fällen auf den richtigen Ort zu projiciren. Leichter wäre diese feine Einstellung, wenn man die Lichtquelle hin und her bewegen könnte, wie den Spiegel, ohne das Hineinsehen in das Mikroskop zu unterbrechen. Das ist aber

nur mit so kleinen Mikroskopirlampen, wie sie die Engländer meist benutzten, möglich, oder man müsste zu complicirten Vorrichtungen greifen, die sich nicht lohnen würden. — Der von FRED. KITTON [1] beschriebene „Bramhall"-Reflector ist nichts weiter als eine ebene Spiegelscheibe, welche unter dem Objecttisch vertical auf der optischen Achse angebracht ist. Bald vindicirten sich mehrere englische und amerikanische „Mikrographen" die Priorität dieser „Erfindung" (s. bei KITTON [2] 1877). — WYTHE's [1] Illuminator verbindet die Sammellinse, ein total reflectirendes Prisma statt Spiegel und einen Condensor unverrückbar mit einander in einem Stück und beschränkt dadurch nur die Brauchbarkeit des Beleuchtungsapparates.

J. J. WOODWARD [17] beschreibt 1877 eine Beleuchtungsvorrichtung, mit welcher man unter genau 45° ein dünnes Bündel von parallelen Strahlen auf das Object einfallen lassen kann, und welche im Wesentlichen nur der WENHAM'sche Reflex-Illuminator ist, bei Immersionssystemen angewendet: ein dreiseitiges, rechtwinkeliges Prisma mit der Hypotenusenfläche auf die Unterseite des Objectträgers stossend und mit dieser mit Oel verbunden. Auch WOODWARD ist ABBE's Arbeit noch unbekannt. — S. G. OSBORNE's [2 u. 3] „Exhibitor" ist eine drehbare Diaphragmenscheibe mit exentrisch einzustellenden Oeffnungen über der hemisphärischen Linse („kettledrum lens"), aus welcher der einfachste Condensor der englischen Mikroskope besteht. Unter der kleineren Linse befindet sich eine grössere, welche das Licht zunächst auf die kleinere concentrirt. — JAMES EDMUNDS's [2 u. 2a] „New Paraboloid Illuminator" ist das alte stumpfe Glasparaboloid für Dunkelfeldbeleuchtung, welche auf die untere Seite des Objectträgers geklebt wird (s. oben p. 458), und WENHAM [18] hat vollkommen recht, wenn er sich die Priorität reclamirt. Im nächsten Jahre hat auch EDMUNDS seine Vorrichtung zurückgezogen ([3]). — ROB. KOCH [1] empfahl, wie wir wissen (s. o. p. 367) zuerst die Projection des Bildes der Lichtquelle in die Objectebene bei mikrophotographischen Aufnahmen. Ich finde aber in dieser Arbeit keine Erwähnung davon, dass man dies auch bei Ocularbeobachtung thun sollte. Und doch pflegt man sich darauf zu berufen, wenn man es als Regel aufstellt, dass das Bild der Lichtquelle, um eine richtige Beleuchtung auch für Ocularbeobachtung zu bekommen, in die Objectebene projicirt werden, dasselbe gleichzeitig mit dem Object scharf gesehen werden soll (s. z. B. bei CARL GÜNTHER [1a] p. 56). Eigentlich hat aber KOCH nicht einmal bei seinen mikrophotographischen Aufnahmen die während der Aufnahme wirklich benutzte Lichtquelle in der Objectebene abgebildet. Wohl projicirte er das Sonnenbildchen in die Objectebene, er schaltete aber nachher vor dem Condensor eine matte Glasscheibe ein, und dadurch wurde in Wirklichkeit die belichtete Scheibe zur unmittelbaren Lichtquelle, also ein nahe gelegenes Object statt der unendlich fernen Sonne. Der Condensor aber, welcher das Bild der Sonne in die Objectebene projicirte, musste das Bild der belichteten Scheibe hinter die Objectebene, näher zu dem Objectivsysteme (bei den damaligen starken Objectiven mit sehr geringer Arbeitsdistanz wohl nahezu in die Objectivöffnung) projiciren. Bei einer richtigen Beleuchtung für Ocularbeobachtung darf auch das Bild der Lichtquelle, trotz der Versicherung der Bacteriologen, nicht genau in die Objectebene, sondern etwas über die Objectebene (je nachdem 150-500 μ höher, also gelegentlich sogar

1877

über das Niveau der Frontlinse des Objectivsystems) projicirt werden (s. noch w. u.). — Die zweite Auflage des NÄGELI-SCHWENDENER'schen Buches [2] enthält in Betreff der Beleuchtung nichts Neues, nicht einmal für die Erklärung der Wirkung der schiefen Beleuchtung sind die Experimente von ABBE [2] aus 1873 an dieser Stelle herbeigezogen. Der ABBE'sche Condensor wird allerdings erwähnt, aber nur als Beleuchtungsvorrichtung, „welche" nur „in besonderen Fällen, wie z. B. bei der Prüfung der Objective u. dergl. wirkliche Dienste" leistet (p. 99). Von der Erkenntniss der wirklichen grossen Bedeutung der Condensoren finden wir noch keinen Schimmer.

1878 Das Jahr 1878 bedeutet einen erfreulichen Wendepunkt in dem Beleuchtungsverfahren für histologische Untersuchungen, zu welchem wohl auch die in dieses Jahr fallende Einführung der ersten praktischen Oelimmersionssysteme viel beigetragen hat. Wie schon erwähnt, setzte ROB. KOCH [3] in diesem Jahre seine Gründe für die Benutzung des vollen Lichtkegels des ABBE'schen Beleuchtungsapparates auseinander, nachdem er die Rolle, welche die Beleuchtung beim Entstehen des „Farbenbildes" spielt und die Wichtigkeit des letzteren erkannte; der volle Lichtkegel hätte aber die Mängel des Definitionsvermögens des Objectivs in einer abschreckenden Weise zu Tage gelegt, wenn die homogene Immersion nicht eine vollkommenere Correction der Objectivsysteme von grosser Apertur mit sich gebracht hätte.

Die Autorschaft des modernen Princips der Oelimmersionsobjective, des der homogenen Immersion, schreibt ABBE [13a] 1879 p. 257 und [15] 1881 p. 131 entschieden J. W. STEPHENSON zu, dessen bezügliche Publication [6] 1878 erschienen ist. Nach ABBE [15] konnte AMICI, welcher, wie erwähnt, Oelimmersionssysteme überhaupt zuerst verfertigte, nicht danach trachten, Linsen besonders für Immersionsflüssigkeiten herzustellen, deren Brechungsindex gleich dem der Frontlinse, also gleich dem des Crown-Glases ist; er suchte nur die anderswie nicht zu beseitigende sphärische Aberration schon fertiger Objectivsysteme durch die Immersionsflüssigkeit zu beseitigen, welche also je nach dem stärker oder schwächer brechen musste. Aber sämmtliche Vortheile, die STEPHENSON von der Immersion erwartete, also die Correction der sphärischen Aberration, die Unempfindlichkeit gegen verschiedene Deckglasdicken und die Möglichkeit, grössere Aperturen mit besserer Definition verbunden zu erreichen, bespricht unter Anderen schon HARTING [1] 1866, 1. Band p. 159-161 und sagt, dass alle die von ihm aufgezählten Vortheile bei Anwendung von stärker brechenden Flüssigkeiten als Wasser, z. B. von Oel, noch grösser wären. Allerdings betont er nicht, dass die Immersionsflüssigkeit nicht stärker als das Kronglas der Frontlinse brechen dürfte, sonst würde ihre Wirkung wieder weniger gut werden; dies geht aber aus seinen sonstigen Auseinandersetzungen selbstverständlich hervor, es lag ja auf der Hand, dass der erste von ihm erwähnte Vortheil „die Verhinderung der Reflexion der Lichtstrahlen an der oberen Fläche des Deckplättchens und an der Unterfläche der untersten Linse", sowohl als auch der zweite, „die Verbesserung der Aberrationen" dadurch vermindert wäre. Und unter den Aberationen versteht er nicht nur die sphärische, sondern auch die chromatische (p. 160), so dass es sich ebenfalls von selbst verstand und gar nicht besonders ausgesprochen werden musste, dass auch das Zerstreu-

ungsvermögen der Immersionsflüssigkeit in der Regel nicht grösser als das des Kronglases sein dürfte. Demgegenüber können WENHAM's [18] 1879 Prioritätsansprüche, welche sich auf eine Veröffentlichung [19] aus 1870 und sehr indirect auf eine [20] aus 1855 beziehen, nicht berücksichtigt werden. Freilich glaubte HARTING nicht, dass Oelimmersionssysteme jemals in allgemeinen Gebrauch kommen könnten, hauptsächlich weil er nicht einsehen konnte, dass ihr Nutzen ihre Unbequemlichkeiten je aufwiegen dürfte. Er theilte ihnen zwar besonders deshalb, weil auch die schiefen Randstrahlen besser zur Wirkung kommen, ein grösseres Auflösungsvermögen zu; die eigentliche Ursache ihres grösseren Auflösungsvermögens an Diatomeen dergl. musste ihm aber vor den Experimenten ABBE's [2] 1873 verborgen bleiben. Aber ABBE hat ja bis zur Mitteilung STEPHENSON's selbst keine Hoffnung, dass sich die Construction von Oelimmersionssystemen lohnen würde; erst auf STEPHENSON's Anregung berechnete er solche von Neuem. Diese wurden dann von der Firma C. ZEISS bald ausgeführt und schon 1878 in den Handel gebracht (s. ABBE [18a] p. 257). In Betreff der Beleuchtung sind sie besonders auch wegen ihrer grossen Apertur von Wichtigkeit, welche Beleuchtungskegel von derselben grossen Apertur verwerthen lässt. Und gerade dadurch trugen sie in den Händen von R. KOCH so viel zur Erkenntniss der Wichtigkeit der reinen Absorptionsbilder bei.

KOCH unterschied zuerst unter den praktischen Mikrographen zwei Bestandtheile des mikroskopischen Bildes, deren Verhältniss zu einander verschieden sein kann, in einem anderen Sinne, wie ABBE [2] 1873. Den einen nannte er das „Structurbild“ (p. 32), den anderen das „Farbenbild“. Wir wollen sie lieber Refractionsbild und Absorptionsbild nennen, verstehen aber auch unter dem letzteren etwas anderes als ABBE [2] (siehe noch gleich weiter unten). Die wirkliche Structur des Gegenstandes kommt nämlich durch das „Farbenbild“ am ehesten zum Ausdruck, und andrerseits hat das ABBE'sche „Structurbild“ oft sehr wenig mit der wirklichen Structur gemein. Dagegen wird das Refractionsbild (trotz ABBE]16]) wirklich in erster Linie durch die Brechungen der Lichtstrahlen bedingt, welche diese beim Uebergang aus dem das Object umgebenden Medium in das Object und umgekehrt, oder beim Uebergang von einem Bestandtheil des Objectes in den anderen von verschiedenem Brechungsexponente erfahren. Mit dem Refractionsbilde combinirt sich sehr oft das Diffractionsbild, welche infolge der durch die heterogene Zusammensetzung des Objectes verursachten Beugung der Lichtbüschel und der Interferenz der confocalen gebeugten Lichtstrahlen in der Bildebene entsteht. Das Absorptionsbild wieder wird dadurch bedingt, dass das Object andere Quantitäten und Qualitäten von Licht absorbirt als dass das Object einschliessende Medium, ganz unabhängig von den Brechungen, welche diese Strahlen beim Durchgang durch das Object erleiden.

Das Refractionsbild erscheint bei Ocularbeobachtung als aus verschieden hellen, glänzenden bis schwarzen Bestandtheilen zusammengesetzt, je nachdem einerseits einzelne Theile des Objectes mehr oder weniger Licht von der Lichtquelle in das Objectiv eintreten lassen, als das umgebende Medium (das freie Gesichtsfeld sensu stricto) und je nachdem andrerseits auch durch verschiedene Theile des umgebenden Mediums verschiedene Lichtmengen in das Objectiv gelangen können. Diese Verschieden-

heiten sind umso grösser: a) je weniger verschieden die Richtung, in welcher die Lichtstrahlen auf die Objectebene einfallen, am grössten also dann, wenn das Sehfeld durch parallele Lichtstrahlen erleuchtet wird; b) je grösser die Verschiedenheiten der Brechungsexponenten, die das Refractionsbild bedingen. Sie werden umgekehrt umso geringer, das Refractionsbild schwindet umso mehr: a) je grössere Winkel die Beleuchtungsstrahlen mit einander bilden und b) je geringer die Verschiedenheit der Brechungsexponenten, der einzelnen Bestandtheile des Objectes von einander und von dem umgebenden Medium also verschwindet das Refractionsbild vollkommen, wenn die Brechungsexponenten des Objectes und des umgebenden Mediums gleich sind. Das reine Absorptionsbild besteht aus verschieden gefärbten, aber nie glänzenden Elementen. Unter diesen Farben spielen gelegentlich auch verschiedene Töne von grau bis schwarz eine Rolle, sie sind aber nie durch totale Reflexion oder Interferenz, wie beim Refractionsbild, sondern dadurch verursacht, dass gewisse Theile des Präparates von allen Lichtarten die gleiche Menge absorbiren, eventuell überhaupt kein Licht durchlassen (oder bei auffallendem Lichte reflectiren).

Das Refractionsbild zeigt den optischen Durchschnitt der Grenzflächen, wo sich Medien von verschiedenen Brechungsexponenten berühren, in Form von je nachdem mehr oder weniger dunklen oder breiten Conturlinien, falls erstens diese Grenzflächen in der Ebene des optischen Durchschnittes einen grösseren Winkel mit den beleuchtenden Strahlen bilden als der Grenzwinkel für die zwei aufeinander stossenden Medien, in welchem Falle sie total reflectirt werden, oder zweitens wenn an ihnen die Lichtstrahlen überhaupt in einem grösseren Winkel von der optischen Achse abgelenkt werden, als der halbe Oeffnungswinkel des Objectivs; drittens sind dunkle Konturlinien bedingt durch Interferenz der dort reflectirten und gebrochenen Strahlen mit einander und mit den durch das freie Objectfeld gehenden Strahlen. Diese Conturlinien, welche der hauptsächliche Bestandtheil des Refractionsbildes sind, gehören nicht als Structurelemente zu dem Objecte, und ihre Dicke, ihre Dunkelheit und Lage, welche nicht nothwendigerweise der Grenze des Objectes oder eines bestimmten Theiles desselben entspricht, hängt ausser von der Beschaffenheit, namentlich vom Brechungsexponenten des Objectes auch von anderen Factoren ab. Aus dem Refractionsbild kann man also nicht unmittelbar auf die morphologischen Eigenschaften des Objectes schliessen, oft kann man es überhaupt nicht. Bei dem reinen Absorptionsbild entsprechen die Grenzlinien der verschieden gefärbten Elemente des Bildes, welche weder dunkler noch heller sind als die hier aufeinander stossenden Medien, direct den Grenzen des Objectes oder seinen betreffenden Bestandtheilen. Die Farbe selbst ist entweder ein natürliches Unterscheidungsmerkmal oder eine durch die Behandlung entstandene Reaction, und sie wird bald von allerlei, bald von mehreren oder nur gewissen besonderen Bestandtheilen des Präparates gezeigt. Das Farbenbild giebt aber nicht nur Unterscheidungsmerkmale für die einzelnen Bestandtheile des Präparates, sondern man kann daraus auch auf die morphologischen Eigenschaften des Objectes unmittelbar schliessen. Das Absorptionsbild hat demnach grosse Vortheile vor dem Refractionsbild, welches von der modernen Mikrotechnik nur als Nothbehelf betrachtet werden sollte, ausser man will

gerade die Brechungsverhältnisse des Objectes desselben ermitteln (s. w. u. zu APÁTHY [9] 1893).

ROBERT KOCH hat nun gezeigt, dass die specifische Farbe gewisser Elemente, die man gerade sucht (bei ihm waren es die Bacterien), durch die Conturlinien des Refractionsbildes verdeckt und deshalb jene Elemente nicht unterschieden werden können. Dieser Umstand veranlasste ihn dazu, das Absorptionsbild von dem damit bei der bis dahin als Regel geltenden Beleuchtungsweise verbundenen Refractionsbild zu befreien zu suchen. Die Ueberzeugung, dass das Refractionsbild stets auch mehr oder weniger falsch ist, und man es deshalb auch in anderen Fällen durch ein Absorptionsbild zu ersetzen trachten soll, finden wir bei ihm noch nicht ausgesprochen.

Diesen Punkt müssen wir indessen schon hier etwas eingehender besprechen. ABBE [2] hatte 1873 nachgewiesen, „dass die unter Mitwirkung des Beugungsvorgangs entstandenen Structurbilder in keinem constanten Zusammenhang mit der wirklichen Beschaffenheit der sie veranlassenden Objecte, vielmehr blos in constantem Zusammenhang mit dem die Abbildung vermittelnden Diffractionsphänomen stehen." (p. 451.) Dagegen sagt er (p. 450), das Absorptionsbild ist „dem Object selbst unbedingt ähnlich" und „lässt bei richtiger stereometrischer Deutung des flächenhaft Gesehenen einen vollkommen sichern Rückschluss auf die — morphologische — Zusammensetzung desselben zu." Unter dem Absorptionsbild verstand aber ABBE nicht ganz das, was, dem Obigen gemäss, ich unter dem Begriffe des reinen Absorptionsbildes verstehen möchte. Bei ihm lesen wir nämlich (ebenfalls p. 450), dass die Abbildung im Absorptionsbilde rein negativ, allein durch den ungleichen Lichtausfall geschieht, den in homogenen Massen partielle Absorption (z. B. Färbung) oder theilweise Ablenkung der Strahlen durch Brechung, in Theilen mit innerer Structur aber die durch diese bedingte Beugung (falls die letztere nicht von merklichem Betrag ist) hervorbringt. Die Verschiedenheiten der Helligkeit, die durch Ablenkung der Strahlen infolge von Brechung bedingt werden (also in erster Reihe die dunklen Conturlinien) oder durch Beugung und die damit verknüpften Interferenzerscheinungen entstehen (also die sonstigen verschiedenen Licht- und Schattensäume), sind aber nach meiner Auffassung Elemente des Refractionsbildes und nicht des Absorptionsbildes. Nach der damaligen These ABBE's konnte man nun glauben, dass diese Refractionsbilder direct auf die Zusammensetzung des Objectes bezogen werden können, sobald bei ihnen keine Beugungen von merklichem Betrage, d. h. grössere Ablenkungen der gebeugten Lichtstrahlen von dem dioptrischen, ungebeugten Strahl, mitspielen, und deshalb neben dem ungebeugten Strahl auch sämmtliche davon durch Beugung abgespaltenen Strahlen in das Objectiv gelangen können. Das ist aber, wie schon erwähnt wurde und weiter unten noch gezeigt werden soll (auch abgesehen von der späteren ABBE'schen Theorie der secundären Abbildung), nicht der Fall. Andererseits ist es aus den Ausführungen ABBE's nicht ersichtlich gewesen, dass das reine Absorptionsbild in meinem Sinne (das Farbenbild im Gegensatz zu dem Refractions- und Beugungsbild), falls seine Bedingungen sowohl in dem Präparate als auch in Betreff der Beleuchtung wirklich vorhanden sind, sogar die feinsten Structuren conform der Zusammensetzung des Objectes

wiedergeben muss, sobald es eine für unser Auge physiologisch hinreichend deutliche Darstellung des Gegenstandes überhaupt enthält; vielmehr hat ABBE später ([16] und [16a]) zu zeigen gesucht, dass die Objectähnlichkeit auch hier von den linearen Ausmassen der Structurelemente (des Objectes überhaupt) abhängt.

Die Bedingungen des reinen Absorptionsbildes sind hinsichtlich des Präparates die Gleichheit der Brechungsexponenten und die Durchsichtigkeit sowohl des Objectes in allen seinen in Betracht kommenden Theilen als auch des das Object einschliessenden Mediums. Dadurch sind nämlich die Ursachen, welche eine Brechung oder eine Spaltung der bilderzeugenden Lichtstrahlen durch Beugung vor ihrem Eintritt in das Objectiv herbeiführen, aus dem Präparate eliminirt, und, falls ein Bild des Objectes überhaupt zustande kommt, so beruht es nur auf Absorption. Hinsichtlich der Beleuchtungsweise ist die Bedingung, dass Lichtstrahlen von genügender Leuchtkraft in allen Richtungen gleichzeitig das Präparat durchsetzen und die vom Präparat kommenden Lichtstrahlen auch vom Objectiv aus allen Richtungen aufgenommen werden. Vollkommen realisirt ist diese Bedingung nur dann, wenn jedes Flächenelement des Objectfeldes von einem Strahlenkegel von 180° Apertur getroffen wird und andrerseits von jedem Flächenelement ein Strahlenkegel von 180° Apertur ausgeht und von dem Objectiv aufgenommen wird. Dann verhält sich die Objectebene inclusive des damit zusammenfallenden optischen Durchschnittes des Objectes wie eine selbstleuchtende Fläche, und diese wird Punkt für Punkt conform, nach den Gesetzen der geometrischen Optik abgebildet (s. w. u.). Man nähert sich wenigstens der Erfüllung dieser Bedingung dadurch, dass man einerseits die volle Apertur eines Condensorsystems von der grössten möglichen numerischen Apertur mit recht grossen Linsen (um auch die genügende Lichtstärke zu bekommen, s. p. 484) beim Beleuchten des Objectes auf einmal in Wirkung treten lässt und andrerseits mit einem Objectivsystem von der für die bezweckte Vergrösserung möglichen maximalen Apertur beobachtet.

ROBERT KOCH suchte eben diese zweite Bedingung des reinen Farbenbildes zuerst bewusst zu realisiren und deshalb benützte er den ABBE-schen Beleuchtungsapparat aus 1873 ohne Blende in Verbindung mit Oelimmersionssystemen der ZEISS'schen Werkstätte, bei welchen auch die Randzonen richtig corrigirt waren. Schon KOCH macht nämlich darauf (p. 39) aufmerksam, dass das bei solcher Beleuchtung entstandene Bild verschleiert ist, sobald die Correction des Objectivsystems nicht ganz tadellos ist; dann muss man, um den Schleier zu beseitigen, von der Reinheit des Farbenbildes etwas opfern und die Apertur des Beleuchtungskegels einengen. Mikroskopiker, die an reine Farbenbilder nicht gewöhnt sind, finden diese namentlich bei starken Vergrösserungen, selbst wenn das Objectiv tadellos ist, ganz fremdartig, zu hell und verschwommen, trotzdem die Umrisse der farbigen Gegenstände ganz scharf sind. KOCH meint (p. 37), dass dies daher kommt, weil die Betreffenden an die viel dunkleren Gesichtsfelder der einfachen Spiegelbeleuchtung gewöhnt sind und die ihnen wohlbekannte Structurzeichnung des Gewebes vermissen. Für diese räth er, die Blenden nicht ganz wegzulassen, sondern die Blendenöffnungen so lange zu vergrössern, bis

das zu untersuchende farbige Object gerade genug deutlich erscheint, ohne dass deshalb das Structurbild des Gewebes schon verschwinden würde. Dieser Vorschlag ist richtig, aber die hauptsächliche Ursache der Fremdartigkeit des Farbenbildes ist eine andere. Sie ist die geringe, kaum merkliche Tiefe und das absolut Körperlose des Farbenbildes, wozu noch die durch die Bedingungen desselben mitgebrachte Wölbung des Gesichtsfeldes kommen kann. Das Farbenbild würde Einem, der nur an Refractionsbilder von grosser Tiefe und scheinbarer Körperlichkeit gewöhnt ist, auch dann fremdartig erscheinen, wenn sämmtliche Structuren, die im Refractionsbild erscheinen, durch richtige Tinctionen auch im Farbenbild aufs Schärfste zu sehen wären. Die Verengung der Apertur des Beleuchtungskegels giebt dem Bilde die wenn auch unbewusst am meisten vermisste Tiefe und Körperlichkeit zurück.

Koch ist aber in der von ihm inaugurirten Richtung nicht so weit gegangen, wie es die damaligen Hilfsmittel schon erlaubt hätten. So hat er nicht die ganze Apertur des Abbe'schen Condensors ausgenützt (120^{0} in einer Wasserschichte gemessen), sondern nur den doppelten Betrag des Grenzwinkels des Glases, indem er die hintere Linsenfläche des Condensors nicht durch ein Medium vom Brechungsexponenten des Glases (etwa Immersionsöl) mit der unteren Fläche des Objectträgers verband. Die Immersion des Condensors bei Beobachtung des Farbenbildes wurde erst später eingeführt, obwohl sie für andere Zwecke schon seit 1871 (s. oben p. 482) und auch besonders für die Oelimmersionssysteme durch Abbe [13] und [13a] bald (1879, s. gleich w. u.) empfohlen wurde. Auch trachtete er nicht bewusst nach der Ausgleichung der Brechungsexponenten des Präparates und des Einschlussmediums, obwohl er als letzteres vorwiegend Canadabalsam benützte. Ebensowenig betont er schon, dass die zwei Bedingungen des reinen Absorptionsbildes, von welchen wir die Ausgleichung der Brechungsexponenten im Abschnitt über Aufhellung und Einschluss näher besprechen werden, für einander eintreten können, dass z. B. ein in schwach brechendem Medium montirtes Präparat bei einer Beleuchtung mit grosser Apertur in Bezug auf das Absorptionsbild dasselbe bietet, wie ein in stark brechendem Medium montirtes Präparat, wenn man es mit einem Lichtkegel von entsprechend geringerer Apertur beleuchtet. Die Ursachen des Zustandekommens des Refractionsbildes werden wohl nur durch die Herstellungsweise des Präparates wirklich beseitigt; die bei einem gegebenen Präparat zu Stande kommenden Refractionselemente des Bildes können jedoch durch die Beleuchtung scheinbar „ausgelöscht" werden, wie sich später die Bacteriologen auszudrücken pflegten. Wenn auch nämlich Lichtstrahlen von einer Richtung durch gewisse Grenzflächen im Präparat abgelenkt werden und aus jener Richtung kein Licht von den betreffenden Punkten des Präparates in das Objectiv gelangen kann, also eine dunkle Conturlinie erscheinen würde, so gehen doch Lichtstrahlen aus anderer Richtung durch dieselben Punkte nichtsdestoweniger in das Objectiv hinein, weshalb man auch die Punkte, welche die dunkle Conturlinie zusammensetzen würden, beleuchtet sieht, und diese die Conturlinie so zu sagen verdecken.

Und das hat eben Koch zuerst praktisch, ohne theoretische Begründung dargethan, und er empfahl seine Beleuchtungsmethode auch für an-

dere mikroskopische Untersuchungen, „bei denen es sich vorwiegend um die Unterscheidung sehr kleiner gefärbter Elemente handelt.“ (p. 39.) Zuerst, aber nicht so bald, sondern mehrere Jahre später, hat die deutsche Cytologenschule, wie wir oben auf p. 434 sahen, mit W. FLEMMING an ihrer Spitze diesen Rath befolgt, dadurch ganz unerwartete Resultate erzielt und dem ABBE'schen Beleuchtungsapparat zu grosser Ehre und Verbreitung verholfen.

J. L. WOODWARD [18]: eine einfachere Anwendung des im vorigen Jahre [17] beschriebenen Prismas, welches, wenn es auch nicht bessere Dienste leistet als die in England und Amerika immer mehr verbreitete Immersion des Condensors, doch wenigstens viel billiger ist. (Eine Discussion über die Priorität der Erfindung dieser „Immersionsprismen“ s. im Journ. R. Micr. Soc. 1. vol. p. 308-310.) — ADOLF SCHULZE [1]: WENHAM'S Reflex-Illuminator beim Auflösen von *Amphipleura* pellucida in Balsam. SCHULZE macht hier (p. 45) die sehr richtige Bemerkung, dass es genügt, wenn die Streifen einer Diatomee grau auf weiss erscheinen, um sie als gelöst betrachten zu können. Weshalb aber die schwarzen Linien in gewissen Fällen (s. w. u.) eher zu vermeiden sind, giebt er nicht an. — W. LIGHTON: der optische Effect der Dunkelfeldbeleuchtung ist auch dadurch zu erzielen, dass man durch ein kleines Loch in's Mikroskop hineinsieht, welches sich excentrisch über dem Ocular, im Niveau des Augenpunktes befindet. Die Uebereinstimmung ist nur scheinbar. — 1878 wurde auch die Form des ABBE'schen chromatischen Condensors mit 1·40 num. Apertur eingeführt, welche aus einer HERSCHEL'schen Doublette und aus einer einfachen hemisphärischen Hinterlinse besteht und auch heute noch am meisten gebraucht wird (s. bei ABBE [13a] p. 263). Dieser Apparat liefert Strahlen, welche in Glas 72° gegen die Achse geneigt sind; er bedarf also einer Oelschichte zwischen seiner Hinterlinse und dem Objectträger, um ganz ausgenützt zu werden. — Ebenfalls aus diesem Jahre stammt eine neue, verbesserte Form des achromatischen Condensors von POWELL und LEALAND mit 0·99 num. Apertur, welche nicht nur viel von den Engländern gerühmt, sondern auch ziemlich vollkommen, nur etwas lichtschwach ist, weil seine Linsen einen zu geringen Durchmesser besitzen. Wie schon erwähnt, sind die ABBE'schen Condensoren mit ihren grossen Linsen den englischen in dieser Hinsicht überlegen, da ja für die Lichtstärke ausser der Apertur des aus dem Condensor heraustretenden Lichtkegels auch die Zahl der confocalen Strahlen besonders in Betracht kommt, welche von je einem Punkte der Lichtquelle her durch den Condensor de facto aufgenommen werden kann. Diese ist aber bei gleicher Entfernung, der Lichtquelle um so grösser, je grösser die Linsen, namentlich die Vorderlinse des Condensors (s. oben p. 470 und 484).

1879

1879 giebt ABBE [13] und [13a] die erste ausführliche Beschreibung der von der Firma C. ZEISS nach seinen Berechnungen construirten homogenen Immersionssysteme. In demselben Aufsatze führt er, wie schon erwähnt, auch den Begriff der numerischen Apertur ein. (Das Product des Sinus des halben Oeffnungswinkels und des Brechungsindex des Mediums unmittelbar vor dem Objectivsystem, $a = n \sin u$. Näheres hierüber bei ABBE [12] 1881.) Er betont (p. 5 des Separatabdruckes [13] und p. 259 von [13a]) an der Hand der Erwähnung der KOCH'schen, früher „ganz unerhörten“ Beleuchtungsmethode hier wieder die Eigenschaft des vollen Beleuchtungskegels von grosser

Apertur, dass dabei auch die wesentlichen Vortheile der schiefen Beleuchtung im Auflösen schwieriger Structurverhältnisse erhalten bleiben, weil die äusseren Strahlen des Kegels unter grossem Winkel zur Mikroskopachse einfallen (s. w. u.). In Betreff der Beleuchtung wird weiter die Unumgänglichkeit der Immersions-Condensoren auseinandergesetzt, wenn der Beleuchtungskegel eine der Apertur des Objectivsystems entsprechende Apertur besitzen soll, was nothwendig ist, um die ganze Apertur des Objectivsystems auch bei Präparaten auszunützen, welche nicht selbst, infolge ihrer Beschaffenheit, den einfallenden Lichtkegel zu einer grösseren Apertur ausbreiten (entweder durch Diffraction oder durch Brechung). Bei einer numerischen Apertur von 1·25 muss ein einfallender Strahl, um die äusserste Randzone des Objectivs erreichen zu können, das Präparat unter einem Neigungswinkel gegen die Achse treffen, welcher für ein wie Crownglas brechendes Medium etwa 56° beträgt. Befindet sich zwischen Objectträger und Condensor Luft, so können die im Glase des Objectträgers verlaufenden Strahlen höchstens eine Neigung von 42° besitzen. Befindet sich aber dort eine Schichte Flüssigkeit vom Brechungsindex des Glases, so können die Lichtstrahlen ihren Weg auch im Objectträger unter demselben Winkel fortsetzen, unter welchem sie aus dem Condensor herausgetreten sind. Hier erwähnt endlich Abbe auch seinen neuen Condensor von 1·40 N. A., welcher, wie schon gesagt, Strahlen liefert, die im Glase bis zu 72° gegen die Achse geneigt sind. —

Während man in Deutschland die mikroskopische Beleuchtung gar nicht mehr discutirte, sondern die von Abbe sanctionirten Nägeli-Schwendener'schen Thesen als für immer festgestellt betrachtete und sich einfach mit dem Spiegel oder höchstens mit dem „Abbe“ begnügte, entstand in England und Amerika besonders seit der Einführung der Immersions-Objective eine ganze Schaar von Immersions-Beleuchtungsapparaten, welche die alten Wenham'schen Kunstgriffe endlos variirten, sich für neue Erfindungen ausgaben und meist ganz überflüssig gewesen sind. Gegen dieses planlose, dilettantische Herumprobiren hat sich 1879 H. E. Fripp [1] energisch ausgesprochen und seine Compatrioten auf den Mangel jeglicher theoretischer Richtschnur in ihren Bestrebungen aufmerksam gemacht. Er giebt ein ausführliches Referat über die von Nägeli und Schwendener begründeten, von Abbe ([2] 1873) in seine Theorie der mikroskopischen Wahrnehmung hineingeflochtenen Beleuchtungsprincipien. Er wird aber der Einseitigkeit dieser Theorie und ihrer Ungerechtigkeit gegenüber den richtig angewendeten Condensoren nicht gewahr, welche nicht nur besonders für das Farbenbild günstigeres Licht, sondern caeteris paribus wirklich mehr Licht dem Objectiv zuführen als der Spiegel allein (s. oben p. 470). — Ein noch ungünstigeres Urtheil über die complicirten Beleuchtungsapparate, ja sogar über seine eigenen Vorschläge fällt Wenham [15], wenn er erklärt, dass man von seinem Immersionsprisma aus 1856 [4] und anderen verwandten Apparaten zu viel Aufhebens macht, und dass er nichts Anderes mehr benutzt als eine kleine nahezu hemisphärische Linse, mit Oel auf die Unterseite des Objectträgers geklebt (dasselbe, was auch Abbe [13], [13a] p. 263 als Surrogat eines Condensors empfiehlt) und dass er damit sofort erreicht, was ihn mit den anderen Apparaten eine halbe Stunde kostet. Um einen intensiven Lichtstreifen in die Objectebene werfen zu können, schlug er indessen den „disk-

illuminator" vor [16], eine halbkreisförmige, dicke Glasscheibe von 1/4 Zoll Radius, deren convexer Rand mit einem Radius von 1/10 Zoll abgerundet und polirt ist, so dass der Focus der abgerundeten Fläche etwa 1/20 Zoll über dem Centrum der Scheibe liegt. Die Scheibe braucht man nur mit der planen, ebenfalls polirten Kante mit Oel auf die Unterseite des Objectträgers zu kleben. Auf diese Weise bekommt man eine Beleuchtung durch einen Lichtkeil, statt eines Lichtkegels, welcher zweiseitig schief einfallende Strahlenbüschel enthält. Die Streifen von *Amphipleura* pellucida in Balsam sind damit, wenn die Keilkante vertical auf der Streifenrichtung steht, besonders leicht aufzulösen, leichter als wenn das Object in allen Richtungen von schiefen Strahlen getroffen wird. Der Einfluss der NÄGELI-SCHWENDENER'schen Beleuchtungstheorie bekundet sich hier schon auch bei WENHAM, indem er sagt, man sei schon längst darüber hinausgekommen, für Beleuchtungszwecke aplanatische (sphärisch und chromatisch corrigirte) Linsen benutzen zu wollen; was er aber weiter hinzusetzt, dass die nöthige Intensität durch einfache Condensation des Lichtes unabhängig davon, ob ein „bilderzeugender Focus" existirt, erreicht ist, entspricht schon weniger jener Theorie, welche den Namen „Condensor" als lucus a non lucendo bezeichnet (E. ABBE [5] 1873, p. 470). In der That wird die Auflösung von Streifen u. dergl. durch Beleuchtung mit einem Lichtkeil von grosser Apertur ausserordentlich erleichtert, am besten bekommt man aber diese Beleuchtung mit einem aplanatischen Immersionscondensor von grosser Apertur, wenn man diesen mit einer schlitzförmigen, diametral durch die ganze Oeffnung des Diaphragmenträgers gehenden Diaphragmenöffnung benutzt. Der „diskilluminator" ist ebenso wie die hemisphärische Linse ein Nothbehelf für den, der keinen regelrechten Condensor von grosser Apertur besitzt. Ein achromatischer ABBE'scher Condensor von 1·40 num. Ap. macht alle anderen Beleuchtungsapparate überflüssig; allerdings giebt es wieder einfache Mittel, welche überhaupt jeden Beleuchtungsapparat ersetzen können (s. oben p. 438 und 459 u. f.). Nichtsdestoweniger hat WENHAM [14] beinahe gleichzeitig mit jenem Ausspruch sein stumpfes Glasparaboloid (s. oben p. 458) für die Beobachtung von lebenden Objecten in Wasser sehr empfohlen. Das Object wird direct auf die oberere plane Fläche des Paraboloids gelegt und einfach mit dem Deckglas bedeckt. Und nichtsdestoweniger bespricht J. MAYALL jun. [3] die verschiedenen seit WENHAM eingeführten Immersionsilluminatoren als solche, denen eine grosse Zukunft zu versprechen ist. Allerdings sieht er ihren Nutzen, wie R. B. TOLLES [2] schon 1871, darin, dass sie uns in den Stand setzen, die grosse Apertur der neuen Immersionsobjective ganz auszunützen. Als etwas Neues erwähnt MAYALL auf p. 31 die uralte Combination einer planconvexen Linse von kurzer Brennweite mit einem rechtwinkeligen Prisma, auf dessen Hypotenusenfläche die Linse geklebt wird; er nennt sie HYDE's oblique illuminator. (Eine Abbildung befindet sich zwei Jahre später im Journal R. Micr. Soc., s: HYDE [1] 1881). — TOLLES selbst hat seine 1871 vorgeschlagene und 1873 ([3]) modificirte Vorrichtung nun in der Weise verbessert [4], dass ein enges Lichtbüschel unter allen beliebigen, allmählich zu verändernden Winkeln von 70 bis 0° in die Objectebene fallen kann. Eine beinahe halbkreisförmige dicke Glasscheibe, deren Rand cylindrisch convex

geschliffen ist („Traverse-Lens", der „disk-illuminator" WENHAM's) befindet sich in Oelcontact mit der unteren Fläche des Objectträgers; eine kreissectorförmige, vertical stehende Grundplatte ist in Grade eingetheilt und trägt einen radiären verschiebbaren Arm, an dessen proximalem Ende eine cylindrisch planconcave Linse in Oelcontact mit dem cylindrisch convexen Rande der Glasscheibe angebracht ist, sodass die mit dem Objectträger verbundene obere Fläche der Glasscheibe und die plane Fläche der kleinen Linse je nach Verstellung des Armes verschiedene Winkel mit einander bilden, die gleich dem Winkel sind, den der Arm mit der optischen Achse bildet. Das distale Ende des Armes trägt eine kleine Sammellinse, welche das Lichtbüschel vertical auf die plane Fläche der kleinen concaven Linse richtet, sodass wenigstens der axiale Strahl des Büschels unter demselben Winkel in die Objectebene fällt, unter welchem der Arm zur optischen Achse gestellt ist. — Im Wesentlichen dasselbe ist auch J. J. WOODWARD's [19] „oblique illuminator": eine nahezu hemisphärische Linse in Oelcontact mit der Unterfläche des Objectträgers und ein Condensor von geringer Apertur, welcher, so wie beim HARTING'schen Beleuchtungsapparat, mit einem Charnier verschieden geneigt werden kann, während seine Achse radial zur hemisphärischen Linse steht. — Ebenso alt ist im wesentlichen auch das „Revolver-Immersionsprisma" von JAMES EDMUNDS [4]: auf eine hemisphärische Linse sind vier Facetten unter verschiedenem Winkel zur optischen Achse geschliffen, um welche die Linse herumgedreht werden kann (s. oben p. 481 einen Vorschlag aus 1869). — JOHN WARE STEPHENSON's [2] „catoptric immersion-illuminator" ist das ursprüngliche WENHAM'sche Paraboloid, nur ist als reflectirende Fläche die versilberte convexe Fläche einer planconvexen Linse benützt, was den Apparat viel billiger macht, allerdings auch mit grosser sphärischer Aberration behaftet. Dagegen ist eine chromatische Aberration vermieden, da das vom Apparat in die Objectebene reflectirte Licht, falls nur zur Achse parallele Strahlen in den Apparat eintreten, dabei keine Brechung erleidet. — R. und J. BECK [1] versehen ihren Condensor mit einer Revolvervorrichtung, um mit der fixen Hinterlinse verschiedene andere Linsen combiniren zu können und so, ohne den Condensor wechseln zu müssen, für die verschiedenen Objective verschiedene Aperturen der Beleuchtungsapparate verwenden zu können. Dasselbe erreicht man aber auch durch Heben und Senken eines Condensors von grosser Apertur und durch Aendern der Oeffnung einer Irisblende. — JOHN MAYALL jun. [4] richtet die Apertometerplatte von ABBE als Beleuchtungsapparat für einseitiges, schiefes Licht ein. — EDWARD SMITH [4] versieht einen Vertical-Illuminator mit einer Blende und erzielt damit, nachdem MOREHOUSE die Vortheile der Combination des Verticalilluminators mit Immersionslinsen erkannt hatte, bei Immersionssystemen besonders gute Resultate in der Auflösung von Diatomeen-Streifungen und der 19. Gruppe der NOBERT'schen Probeplatte. — J. W. STEPHENSON [1] kommt zu ähnlichen Resultaten und zeigt, dass der Vertical-Illuminator das einzige Beleuchtungsmittel ist, mit welchem die ganze auflösende Kraft von Objectiven mit grosser Oeffnung an Objecten ausgenützt werden kann, welche in Luft eingeschlossen sind, wogegen in Balsam eingeschlossene Objecte dazu einen Immersions-Condensor erfordern. Er zeigt auch, dass es sich

bei der Beleuchtung mit dem Vertical-Illuminator in diesem Fall um keine solche durch auffallende und von der Oberfläche des Objectes reflectirte Strahlen handelt, sondern dass das Bild der Struktur des Objectes durch Strahlen hervorgebracht wird, welche statt in die Luft zwischen Deckglas und Objectträger hinaus zu treten, von der unteren Fläche des mit dem Deckglas in optischem Contacte (richtiger in optischer Continuität) befindlichen Objectes reflectirt werden und so durch das Object zurück in das Objectiv gelangen. — In Anknüpfung an die Schilderung seiner Versuche, *Amphipleura* bei directem Sonnenlicht zu photographiren [15], betont Woodward [20] nochmals die Vortheile des directen, monochromatischen Sonnenlichtes.

1880 1880 veröffentlichte R. Altmann [8] einen Aufsatz über die Theorie der Bilderzeugung, welcher besonders dadurch eine Bedeutung erlangte, dass er Abbe [16] und [16 a] Veranlassung gab, die seit 1873 [2] stattgefundene weitere Entwickelung seiner Theorie der mikroskopischen Wahrnehmung eingehend auseinanderzusetzen. Eine Erwiderung von Altmann auf diese Auseinandersetzung erschien im selben Jahre ([9]) und 1882 ([10]). Eine Besprechung dieser Arbeiten würde zu weit führen; ich will mich darauf beschränken, was zum Verständniss unserer Auffassung des reinen Absorptionsbildes nothwendig sein dürfte und in innigem Zusammenhange mit der Frage der richtigen mikroskopischen Beleuchtung steht.

Altmann kam zunächst zu dem Resultate, dass die durch die Helmholtz'sche Formel gesteckte Grenze der mikroskopischen Unterscheidung auch von mangelhaft corrigirten Objectiven erreicht wird, dass sie also unabhängig ist von den dem Objectiv anhaftenden Resten der sphärischen und chromatischen Aberration; sie hängt, mit anderen Worten, von den Zerstreuungskreisen der durch die Oeffnung bewirkten Diffraction ab, während die Zerstreuungskreise der beiden Aberrationen in der Regel nur die Definition[1] des Bildes beeinflussen (p. 115 in [8] und an mehreren anderen Stellen). Dem gegenüber sucht Abbe darzuthun, dass eine durch die Oeffnung bewirkte Beugung beim Abbilden von nicht selbstleuchtenden Objecten überhaupt nicht vorkommen kann (p. 109 von [16] unter anderen

[1]) Altmann nennt das Unterscheidungsvermögen oder die auflösende Kraft des Objectivs mit dem alten, von Goring ([1] 1832, p. 173-190) eingeführten Ausdruck „penetrating power", penetrirende Kraft oder Penetration. Statt dessen gebrauchen wir den von Carpenter seit 1851 eingeführten Ausdruck „resolving power" (s. Carpenter [1] 1856 p. 192), d. h. Auflösungsvermögen. Unter penetrirender Kraft verstehen wir mit Carpenter, von Goring abweichend, das, was wir heute gewöhnlicher die „Tiefe" des Mikroskops nennen („power of enabling the observer to look into the structure of objects" p. 192 bei Carpenter [1]), oder den in der Achse des Mikroskops gemessenen Höhenunterschied von zwei Punkten des Objectes, welche wir bei einer und derselben Einstellung noch deutlich sehen können. „The penetrating power . . . . . ", sagt Carpenter [1] p. 193, „mainly depends upon the degree of distinctness with which parts of the object that are a little out of focus can be discerned". (Näheres hierüber s. zu Abbe [6], [7], [8] 1880 und 1881 gleich weiter unten). Unter Definirungsvermögen verstehen wir dagegen in der ursprünglichen Auffassung Goring's

mehreren Stellen), sondern hier nur die durch das Object bewirkte Beugung mitspielt und dem Unterscheidungsvermögen des Mikroskops Schranken setzt. Andrerseits besteht nach ABBE ([16 a] p. 36 oder [16] p. 106) die sphärische Aberration nicht als selbstständiges Moment neben der Beugung, sie ist vielmehr nichts Anderes als die Modification, welche der im homocentrischen Strahlenkegel bestehende Beugungseffect einer bestimmten Oeffnung in Folge der Anacentricität des austretenden Strahlenbüschels erfährt.

Was nun die beugende Wirkung der Oeffnung betrifft, so ist eine solche für Präparate, die selbst eine beugende Wirkung auf die sie durchsetzenden Strahlen ausüben können, in der That nicht nachzuweisen; denn alle Veränderungen, welche das mikroskopische Bild durch Aendern der Oeffnung, sei es durch Einlegen von Diaphragmen in das Objectiv, sei es durch Aendern der Apertur des Beleuchtungskegels erfährt, sind entweder durch die ABBE'sche Theorie der Bilderzeugung, oder, wo diese nicht hinreicht, auf Grund der brechenden und gewissermassen lichtausbreitenden Wirkung des Objectes zu erklären[1].

A priori auszuschliessen ist indessen eine Oeffnungsbeugung bei der Abbildung nicht selbstleuchtender Objecte durch das Mikroskop nach meiner Ansicht schon deshalb nicht, weil ja auch der dioptrische Apparat des Auges solche Objecte nach den Principien der secundären Abbildung auf der Retina entwerfen muss, wenn, wie ABBE selbst betont, eine Theorie der secundären Abbildung nicht nur für das Mikroskop, sondern für alle optischen Instrumente giltig ist. Und die Veränderung des Retinabildes durch die Oeffnungsbeugung, welche eine enge Oeffnung, zwischen dem nicht selbstleuchtenden Object (z. B. ein auf Papier gedrucktes Gitter) und dem dioptrischen Apparat des Auges, dicht vor der Linse eingeschaltet, verursacht, ist die unmittelbarste Beobachtung, durch welche wir uns von der Beugung überhaupt überzeugen können. Die Analogie ist umso grösser, als auch bei den stärkeren Objectiven die relativ engste Blendung dicht vor dem Linsensystem liegt und durch die Fassung der Frontlinse dargestellt wird.

---

die Reinheit und Schärfe aller Elemente des mikroskopischen Bildes, namentlich der Conturen, welche von dem Grade der Correction der sphärischen und chromatischen Aberration unseres Instrumentes abhängt. CARPENTER war aber der erste, der die vier verschiedenen Anforderungen, welche wir an das Mikroskop stellen, zuerst in der heute noch giltigen Form präcisirte; sie sind in der Reihenfolge ihrer Unentbehrlichkeit: das Definirungsvermögen (defining power), das Unterscheidungs- oder Auflösungsvermögen (resolving power), die Ebenheit des Gesichtsfeldes (flatness of the field) und das Penetrirungsvermögen (penetrating power). Letzteres ist, wie wir schon oft betont haben, wenigstens bei feineren mikroskopischen Analysen, nicht nur nicht nothwendig, sondern gerade nachtheilig und soll mit allen möglichen Mitteln auf das unvermeidliche Minimum reducirt werden.

[1]) ABBE theilt zwar der Eigenschaft des Objectes, dass es durch Brechung oder anderswie (von der Beugung abgesehen) im Stande ist, den einfallenden Lichtkegel auf eine grössere Apertur auszubreiten, keine Rolle im Erzeugen eines feineren Structurbildes zu; doch werden wir darauf gleich zurückkommen.

Ausserdem finde ich in der oben schon angedeuteten Methode ein Mittel, die beugende Wirkung der Austrittspupille des Mikroskops auf das mikroskopische Bild zu constatiren, ohne die Apertur des Beleuchtungskegels oder des Objectivs oder auch nur die Einstellung des Bildes irgendwie zu ändern. Man braucht nur den Durchmesser der Austrittspupille, die helle Scheibe über dem Ocular, welche das Ocularbild der effectiven, durch den Beleuchtungskegel erhellten Objectivöffnung ist, durch Einsetzen eines Diaphragmas in der Ebene des Augenpunktes auf einen gewissen Bruchtheil zu reduciren, um eine sehr auffällige Veränderung des Bildes zu gewahren. Es verliert, ohne deshalb undeutlicher werden zu müssen, von der früher nachgewiesenermassen bestandenen Objectähnlichkeit, und bei richtiger Wahl des Augendiaphragmas ist es zu erreichen, dass das Bild genau so aussieht, als ob es durch Zusammenwirken des ungebeugten Büschels mit Diffractionsspectren von nur erster Ordnung entstanden wäre, d. h. die mit einander alternirenden hellen und dunklen Elemente gehen allmählich in einander über und erscheinen, wenn es sich um regelmässige Structuren handelt, gleich breit, hätten sie auch vor dem Einsetzen des Augendiaphragmas noch so verschiedene Dimensionen besessen. Macht man das Augendiaphragma noch enger, so hört die Unterscheidbarkeit der Elemente eben so auf, als ob nur das ungebeugte Büschel Eintritt in das Objectiv gefunden hätte. Mit anderen Worten verhält sich das mikroskopische Bild genau so, als ob man eine entsprechende auf Papier gedruckte Zeichnung mit dem blossen Auge, aber durch eine enge Oeffnung betrachten würde (s. bei HELMHOLTZ [2] p. 571-573). Diese Veränderungen eines nachgewiesenermassen objectähnlichen Bildes sind ganz so, wie man sie durch Einsetzen von Blenden in das Objectiv erhält. Ein sehr passendes Object für diese Versuche ist *Ticeratium* favus EHRB. (*Biddulphia* favus [EHRB.] VAN HEURCK), welches bei seinen weiter unten zu besprechenden Untersuchungen auch E. M. NELSON [1] 1890 benutzte.

Man könnte nun sagen, dass die Ocularblende deshalb jene beugende Wirkung ausüben kann, weil sich das Objectivbild, als Resultat der Interferenz von confocalen Strahlen in der Bildebene (s. gleich w. u.), weiterhin als selbstleuchtendes Object verhält, indem sich darin in jedem Punkte confocale Strahlen kreuzen und in den benachbarten Punkten incohärente Strahlen zusammentreffen. Die Wirkung der Ocularblende auf das mikroskopische Bild ist aber, wie gesagt, genau dieselbe, wie die Wirkung einer engen Oeffnung auf das Retinabild eines beliebigen nicht selbstleuchtenden Gegenstandes. Doch wenn die Oeffnungsbeugung trotz der secundären Abbildung bei dem Auge eine nachweisbare Rolle spielt, warum sollte sie, wie schon eingangs erwähnt, nicht auch beim Mikroskop eine, wenn auch oft verdeckte Rolle spielen, da ja das Retinabild auf einem im Wesentlichen gleichen Wege wie das mikroskopische Bild enstehen muss?

Man könnte weiter vielleicht glauben, dass es sich auch hier um keine Oeffnungsbeugung, sondern, wie beim Objectiv, nur um ein Ausschliessen von Beugungsbüscheln handelt, deren Theilnahme im Erzeugen des Ocularbildes vermisst wird. Vielleicht könnte sich das Objectivbild dem von der Austrittspupille des Objectivs ausstrahlenden Licht gegenüber so verhalten, wie das Object dem von der Lichtquelle herkommenden Licht gegenüber. ABBE

[16] p. 94 behauptet ja, dass die von HARTING [1] 1. Bd. p. 77 u. f. seinerzeit und neuerdings von ALTMANN [8] p. 165, 175 u. f. zum Prüfen der Mikroskope benützten Miniaturbildchen „eines von der Rückseite beleuchteten Gitters (oder was sonst für ein Gebilde in Betracht kommt) aus dem Miniaturbildchen der Lichtquelle, wie es das abbildende System gleichzeitig entwirft, ganz dasselbe Beugungsspectrum" entwickeln, „welches ein jenem ersten Bildchen congruentes reales Object im Focus des Systems entwickeln würde". Und in der That sieht man, wenn man einen Beleuchtungskegel von geringer Apertur benutzt, in der Austrittspupille des Oculars neben dem Bilde des vom Beleuchtungskegel ausgefüllten Theiles der Austrittspupille des Objectivs auch Diffractionsspectren; die Anordnung und der relative Abstand von diesen ist aber genau so, wie im Oeffnungsbild des Objectivs, wie man sie beim Hineinsehen in den Tubus, nach Wegnahme des Oculars erblickt. Würden die Diffractionsspectra in der Austrittspupille des Oculars durch das Objectivbild vom directen Strahlenbündel abgespalten sein, so müssten sie zwar so angeordnet, wie die Diffractionsspectra in der Objectivpupille, aber viel näher zum directen Bündel sein[1]. Man kann sich aber leicht überzeugen, dass sie nur um so viel näher sind, wie der Verkleinerung durch das Ocular entspricht. Die in der Austrittspupille des Oculars erscheinenden Diffractionsspectra sind also nur die verkleinerten Ocularbilder der in der Austrittspupille des Objectivs sichtbaren. Die durch das Objectivbild stattfindende Diffraction, deren Vorhandensein nach der erwähnten Beobachtung ABBE's an den Miniaturbildern ebenfalls zu postuliren ist, wäre immerhin von nur so geringem Betrag, dass sie die Wirkung der Augendiaphragmen keineswegs erklären könnte. Und wie hier die Diffraction durch das Objectivbild neben der Oeffnungsbeugung eine ganz geringe Rolle spielt, so kann beim Objectiv im Gegentheil die Oeffnungsbeugung neben der Diffraction durch das Object ganz in den Hintergrund treten, ohne dass man ihre Existenz überhaupt leugnen müsste.

NÄGELI und SCHWENDENER hielten die Steigerung der Objectivöffnung über 30^0 für unnütz, weil der durch ihren Spiegel allein erzeugte Strahlenkegel eine maximale Apertur von etwa 30^0 besass, somit die von den einzelnen Objectpunkten in das Objectiv gelangenden Strahlen nur 30^0 der Oeffnung

---

[1]) Der Sinus des Winkels u^*, den das durch das Objectivbild abgebeugte Bündel erster Ordnung mit dem ungebeugten Bündel bildet, müsste um so viel kleiner sein als der Sinus des Winkels u, den das durch das Object selbst gebeugte Bündel erster Ordnung mit dem ungebeugten Bündel bildet, wie die Entfernung der beugenden Elemente im Objectivbild ε^* grösser ist als die der beugenden Elemente, ε, im Object selbst; allerdings andrerseits umso grösser, als der Brechungsindex der Luft, des Mediums des Objectivbildes, $n^* = 1$, kleiner ist, als der Brechungsindex des Mediums vor dem Objectiv, bei homogener Immersion $n = 1{\cdot}510$. $n^* \sin u^* = \frac{\lambda}{\varepsilon^*}$; $n \sin u = \frac{\lambda}{\varepsilon}$; also $\sin u^* : \sin u = n\varepsilon : n^*\varepsilon^*$. Der Unterschied von n^* und n, welche übrigens bei Trockenobjectiven gleich sind, ist aber ganz verschwindend neben dem grossen Unterschiede von ε^* und e, neben der linearen Vergrösserung des Objectivs für die Ebene des Objectivbildes.)

ausfüllen konnten. Der ausserhalb dieser bei axialer Beleuchtung centralen Zone liegende, im Oeffnungsbild dunkel (in Wirklichkeit nur weniger hell) bleibende Theil der Oeffnung soll, abgesehen von der schiefen Beleuchtung, nichts zu den Fähigkeiten des Mikroskops beitragen. Dass dieser rein theoretische Schluss falsch ist, konnte praktisch leicht nachgewiesen werden: wenn auch der Beleuchtungskegel stets gleich bleibt und nur eine Apertur von 30° besitzt, zeigt ein Objectiv von grösserer Apertur doch ein der Apertur entsprechendes grösseres Auflösungsvermögen. Diese Thatsache musste aus der Betheiligung der vom Beleuchtungskegel nicht ausgefüllten, dunklen Zone des Objectivs an der Bilderzeugung erklärt werden. Um andere, unhaltbare Theorien nicht zu erwähnen, so suchte ABBE [2], wie wir wissen, die Wirkung der dunklen Zone aus der Thatsache zu erklären, dass sie den vom directen Lichtbündel abgespaltenen gebeugten Bündeln Eintritt in das Objectiv gewährt, ohne welche das Structurbild, ein Resultat der Interferenz der nicht gebeugten und gebeugten Strahlen in der Bildebene, nicht zu Stande kommen könnte, und dass das Bild umso mehr an Objectähnlichkeit gewinnt, je mehr von der Gesammtheit der durch die beugende Wirkung des Objectes abgespaltenen Strahlen sich an der Bilderzeugung betheiligen kann. ALTMANN [8] p. 163 u. f. glaubt dagegen nachweisen zu können, dass jedes mikroskopische Detail unter 0·01 mm, welches nach ABBE [2] p. 446 nur mit Hilfe von durch die Beugung abgetrennten Strahlen abgebildet werden kann, in den meisten Fällen thatsächlich ohne Betheiligung von solchen abgebildet wird, und dass die Bilder der mikroskopischen Details in keinem Falle Interferenzbilder zu sein brauchen und es in den seltensten Fällen sind. Nach ihm ist (p. 173) die „Zersetzung der Lichtstrahlen durch die Brechung der Objectelemente das wichtigste Moment sowohl für die Erzeugung des mikroskopischen Bildes überhaupt, als auch insbesondere für die Ausnutzung des dunklen Raumes und des grossen Oeffnungswinkels der Objective". Diese Bilder, welche er 1880 (in [8] und [9]) noch für die häufigsten und wichtigsten beim Mikroskopiren hält, nennt er indirecte, weil sie nichts mit dem directen Lichtkegel zu thun haben, sondern auf den Unterschieden der Brechungsindices beruhen (p. 108). Directe Bilder nennt er diejenigen, welche durch den direct durchfallenden, nicht gebrochenen Strahlenkegel erzeugt werden und auf Absorption oder Undurchsichtigkeit des Objectes oder einzelner Theile desselben beruhen. Im directen Bilde werden nahe aneinanderliegende Elemente nicht entsprechend der Grösse des Oeffnungswinkels, sondern entsprechend der Weite des durchfallenden Lichtkegels (p. 171) abgebildet.

Diese Thesen weist ABBE als unbegründet, ja widersinnig zurück. Er hält seine frühere Auffassung der Bilderzeugung nicht nur aufrecht, sondern dehnt sie von dem Structurbild auf das mikroskopische Bild überhaupt aus. Er lässt seine frühere Unterscheidung von Absorptionsbild und Structurbild fallen, da er sich durch spätere Untersuchungen überzeugen konnte (p. 88 von [16]), dass die specifische Function des gebeugten Lichtes auch bei ganz groben Objecten in derselben Art fortbesteht, wie bei den feinsten; und die Weiterentwickelung seiner theoretischen Auffassung zeigte ihm, dass der letzte Grund für die Unmöglichkeit einer directen (nach den Gesetzen der geometrischen Optik stattfindenden, punktweisen)

Abbildung beim Mikroskop gar nicht die Beugungswirkung der Präparate an sich ist, sondern in den allgemeinen Bedingungen wurzelt, welche der Abbildung aller nicht-selbstleuchtenden Objecte gestellt sind. „Auf meinem gegenwärtigen Standpunkt muss ich daher", heisst es, „jene Unterscheidung zweier neben einander bestehender Modi der mikroskopischen Abbildung — und überhaupt die Annahme irgend einer directen Abbildung ausser im Falle selbstleuchtender Körper — ganz und gar preisgeben." Diese erweiterte Theorie der secundären Abbildung baut ABBE im zweiten Theile des Aufsatzes [16a] auf[1]. Nach ihr ist das mikroskopische Bild das Resultat der in der Bildebene erfolgenden Interferenz der Strahlen, welche diese in den den einzelnen Objectpunkten conjugirten Bildpunkten mit verschiedener Phase erreichen. „Die nach den Regeln der geometrischen Optik bestimmte punktweise Abbildung eines Objects (mit nachträglichem Hinzufügen einer der Begrenzung der abbildenden Strahlenkegel entsprechenden Beugungsmodification der Bildpunkte in Form von sich superponirenden Zerstreuungskreisen) steht in Uebereinstimmung mit den Grundsätzen der Undulationstheorie auf die beiden Voraussetzungen hin, dass erstens die von den Objectpunkten ausgehenden Strahlenbüschel Kugelwellen sind, also alle Strahlen je eines solchen Büschels in gleichem Abstand vom Centrum gleiche Wellenphase repräsentiren; und dass zweitens die von benachbarten Objectpunkten ausgehenden Strahlen incohärent sind oder von einander unabhängigen Kugelwellen zugehören". ([16a] p. 47.) Diese Voraussetzungen sind nun nach ABBE nur dann erfüllt, wenn es sich um die Abbildung selbstleuchtender Körper handelt; deshalb dürfen die Begriffe und Bestimmungsweisen der geometrischen Optik auf die Abbildung von Objecten mittels durchfallenden oder reflectirten Lichtes nicht angewandt werden.

Die erwähnten Bedingungen sind in der That nicht erfüllt, wenn man den Fall, auf welchen ABBE seine Erörterungen beschränkt (p. 48), in Betracht zieht, wenn ein ganz oder theilweise transparentes Object mit durchfallenden Strahlen von einer dahinter stehenden selbstleuchtenden Fläche aus, ohne Beleuchtungsapparat und mit einem Strahlenkegel von sehr geringer Apertur abgebildet werden soll. Aus dem Vorurtheil, dass ein weiter Beleuchtungskegel die ungünstigsten Bedingungen für die Objectähnlichkeit schafft, hat sich ABBE, wie er [16a] p. 19 selbst sagt, vom Anfang an gewöhnt, im Gegensatz zu HELMHOLTZ, welcher (wie noch gezeigt werden soll, vollkommen richtig) die Beleuchtung durch einen vollen Lichtkegel als das Normale betrachtete, die Abbildung mit schmalen Beleuchtungskegeln als die regelmässige Functionsweise des Mikroskops anzusehen; beim wirklichen Gebrauch stärkerer Objective hat er, ausser für ganz exceptionelle Zwecke, „niemals eine andere in Anwendung, oder auch nur mit Vortheil anwendbar, gefunden". „Meine ersten Experimente aber", sagt er p. 19 weiter, „hatten ergeben, dass bei jeder Art von Objecten auch mit beliebig schmalen Beleuchtungskegeln noch das feinste Detail abgebildet

[1]) Die Theorie der secundären Abbildung hat ABBE bald auch in einer kleineren englischen Schrift zusammengefasst ([12] 1881). Ausführlich dargethan ist sie bei DIPPEL [1] 1882 p. 89-161, kürzer in CARPENTER [2] 1891 durch DALLINGER p. 43-83, ganz kurz bei A. ZIMMERMANN [5] 1895, p. 34-55.

werden kann, wenn nur die freie Oeffnung des Objectivs genügend gross ist, und dass im Besondern das Auflösungsvermögen irgend eines Objectivs mit voller Beleuchtung niemals weiter reicht als mit einem beliebig schmalen einfallenden Lichtkegel unter möglichst schiefem Eintritt in das Objectiv". Diese Sätze beweisen, wie fremd dem grossen Theoretiker die alltäglichen Erfahrungen der ernstlich arbeitenden, nicht nur Objective prüfenden, praktischen Mikrographen gewesen sind. Ein Glück, dass sie die Anweisungen ABBE's nie befolgt haben!

Die These vom schmalen Beleuchtungskegel ist einigermassen noch berechtigt, wenn es sich um Diatomeen und anderen Testobjecten handelt, und wenn wir vom Objectiv nur ein Auflösen der Structur und keine Abbildung fordern, das heisst, wenn wir uns mit einer Lichtvertheilung im mikroskopischen Bilde begnügen, welche auf das Vorhandensein einer gewissen Structur schliessen lässt, und nicht nach der weiteren speciellen Beschaffenheit dieser Structur suchen. Ist auch die Apertur des Objectivs noch so gross, so erscheint mit schmalem Beleuchtungskegel das Bild eines nicht einmal besonders fein structurirten Objectes (z. B. eines *Triceratium* favus), dessen wirkliche Beschaffenheit wir auch auf indirectem Wege sicher nachgewiesen haben, also sicher kennen, bei gewissen Einstellungen als ein im höchsten Grade objectunähnliches Interferenzbild niedersten Ranges, d. h. als ob an seiner Erzeugung nur Diffractionsspectren erster Ordnung oder nur zweiter, überhaupt nicht verschiedener Ordnung auf einmal Theil nehmen würden. Je mehr wir den Beleuchtungskegel erweitern, umso mehr schwinden, bei stetiger Veränderung des Bildes, jene Eigenschaften desselben, welche augenscheinlich einer Interferenz zu verdanken sind und nicht auf dioptrischem Wege entstehen können, weil sie beim Heben und Senken des Tubus, sich ebenfalls stets verändernd, viel länger sichtbar bleiben, als es der Dicke des Objectes, der etwa bewirkten Refraction und der Tiefe der angewandten Combination von Ocular und Objectiv, die effective, beleuchtete Apertur des letzteren auch in Betracht gezogen, entsprechen würde. Die grösste Objectähnlichkeit ist erreicht, wenn die Apertur des Beleuchtungskegels gleich der des Objectivs, in gewissen Fällen, wenn sie noch grösser geworden ist; allerdings bedeutet diese grösste Objectähnlichkeit nur bei reinen Absorptionsbildern in meinem Sinne gleichzeitig auch die grösste Schärfe der Bilddetails; letztere ist bei Refractionsbildern dann unbeschadet der Objectähnlichkeit erreicht, wenn, wie E. M. NELSON [1] 1890 (s. w. u.) richtig hervorgehoben hat, die Apertur des Beleuchtungskegels $^3/_4$ der des Objectivs beträgt.

Absolut unhaltbar ist die These ABBE's, wenn es sich um histologische, namentlich um isolirend oder differenzirend gefärbte Objecte handelt; bei diesen lässt ein schmaler Beleuchtungskegel die feinere Beschaffenheit meist nicht einmal ahnen. Das Abbildungsvermögen (delineating power, ein von ABBE [12] 1881 p. 418 zu dieser Zeit eingeführter, seiner erweiterten Auffassung der Bilderzeugung mehr entsprechender Ausdruck), d. h. das Vermögen, feinere Details mit der grössten möglichen Objectähnlichkeit darzustellen, hängt also sehr mit der Apertur des Beleuchtungskegels zusammen und wächst im allgemeinen mit der Zunahme von dieser.

Nach der ABBE'schen Theorie muss ein Strahlenkegel von grosser Apertur, dessen Spitze ein Punkt der Objectebene ist, als die Summe von unter einander incohärenten Elementarbüscheln angesehen werden, weil diese von verschiedenen Punkten der Lichtquelle herstammen und sich im betreffenden Punkte der Objectebene nur kreuzen. Jedes dieser Elementarbüschel erzeugt ein Bild für sich, und die einzelnen Bilder können nicht nach dem Prinzip der Interferenz zu einem einheitlichen Bilde vereinigt werden, weil sie durch incohärente, nicht confocale Elementarbüschel erzeugt wurden, sondern sie werden nur superponirt. Die Elementarbilder sind nun nicht nur mehr oder weniger unähnlich dem Objecte, sondern sie sind je nach dem Einfallswinkel des betreffenden Elementarbüschels in verschiedenem Grade und in verschiedener Weise unähnlich, und zwar einerseits deshalb, weil von der Gesammtheit der Büschel, in welche ein jedes Elementarbüschel durch die Diffraction zerklüftet wird, je nach der Richtung des directen Büschels zur Mikroskopachse, verschiedene Theile in das Objectiv gelangen werden, und anderseits die verschieden geneigten Elementarbüschel schon an und für sich eine verschiedene Diffraction erleiden, weil brechende Substanzen die Wellenbewegung verschieden einfallender Strahlen in verschiedenem Grade verzögern. Nach ABBE soll nun die Superposition dieser verschiedenen Elementarbilder ein mikroskopisches Bild ergeben, welches in allen Fällen weniger objectähnlich ist, als es die einzelnen Elementarbilder für sich wären; je weniger Elementarbilder also superponirt werden, und je vollkommener die betreffende ein einzelnes Bild erzeugende Gesammtheit der gebeugten Büschel dabei zusammenwirkt, d. h. ein je dünnerer axialer Beleuchtungskegel mit dem Objectiv von entsprechend grosser Apertur benützt wird, umso grösser der Grad von Objectähnlichkeit, welcher erreicht werden kann. (Näheres speciell über diesen Punkt weiter unten bei ABBE [9] 1889.) Die Erfahrung beweist aber gerade das Gegentheil, wie wir schon sagten (und wie es zuerst wohl E. M. NELSON [1] 1890 an Diatomeen und ähnlichen Objecten ausführlich dargethan hat, s. w. u.).

Wollten wir an der ABBE'schen Theorie der Bilderzeugung sonst festhalten, so müssten wir, in diametralem Gegensatz zu ABBE annehmen, dass die Objectähnlichkeit mit der Zahl der im mikroskopischen Bild superponirten Elementarbilder zwar zunimmt, dies aber nur deshalb geschieht, weil die grosse Schiefe der peripherischen Elementarbüschel des Beleuchtungskegels von grosser Apertur auch solche gebeugte Büschel in die Objectivöffnung hineinbringt, welche sonst nicht hineingehen und beim Erzeugen des Bildes nicht mitwirken könnten. Jedoch auch dieser Erklärung stehen Thatsachen in dem Wege. Die corrigirende Wirkung der Apertur des Beleuchtungskegels auf das Bild wird schon auffällig, bevor die allmählich (durch Oeffnen der Irisblende) erweiterte Apertur eine solche Grösse erreicht, die Mantelstrahlen des Beleuchtungskegels so schief geworden sind, dass neue Beugungsbüschel einer sehr intensive Beugungsspectra erzeugenden Structur in das Objectiv eintreten könnten; andrerseits geht die Correction des Bildes auch dann noch immer weiter, nachdem bereits die am weitesten abgebeugten Bündel, die bei schiefer Beleuchtung in das Objectiv überhaupt hineingehen können, aufgenommen wurden. Nehmen wir ein apochromatisches Oelimmersionssystem von 1·40 N. A., einen ABBE'schen Condensor mit Oelimmer-

sion von derselben Apertur. Beobachten wir damit z. B. ein *Triceratium* favus. Die hexagonalen Zellen, deren Centren etwa 7 μ von einander entfernt sind, verursachen ein System von Diffractionsspectren, welches in hexagonaler Anordnung um das ungebeugte Büschel herum eine Apertur von etwa 0·5 erfüllt und noch sichtbare abgebeugte Büschel 4. Ordnung enthält. Legt man in den Blendenträger eine Blende mit 1/2 mm weiter Oeffnung ein (das Irisdiaphragma des Abbe'schen Apparates kann man in der Regel nicht so stark zusammenziehen), so erblickt man bei einer gewissen Einstellung den Centren der Zellen entsprechend stark glänzende helle Punkte (von etwa 1/2 μ Durchmesser) auf einem ziemlich gleichmässig schwarzen Grunde. Erweitert man die Oeffnung der Blende, so breiten sich die glänzenden Punkte zu hellen Scheiben aus; bei einer Oeffnung von 2 mm ist der Durchmesser der Scheiben so gross, wie die Breite der trennenden schwarzen Zwischenräume; bei 3 mm Oeffnung sind die Scheiben viel matter und so breit geworden, dass sich der dunkle Zwischenraum auf ein dünnes, hexagonales Gitterwerk reducirt. Das Bild ist schon sehr blass und verschwindet bei noch weiterem Oeffnen der Blende vollkommen. Das kritische Bild, eine objectähnliche Zeichnung von den hexagonalen Zellen, bekommt man bei etwas tieferer Einstellung; je weiter man die Blende öffnet, umso dünner werden die Scheidewände und das Lumen der Zellen umso gleichmässiger hell, und zwar auch dann, wenn die Apertur des Beleuchtungskegels weit über 0·5 gestiegen ist. Das deutlichste und schärfste Bild ist bei Apertur 1·00 erreicht. Sichtbar, allerdings viel blasser, aber noch objectähnlicher wird die Zeichnung bei voller Apertur (1·40) des Beleuchtungskegels. Hier kann man nicht von neuen gebeugten Büscheln reden, welche erst bei schieferem Einfall der Elementarkegel in das Objectiv eintreten könnten, weil ja sämmtliche Beugungsbüschel von nennenswerther Lichtstärke schon in eine Apertur von 0·5 hineingehen. Eine ähnliche Erscheinung sieht man aber auch bei *Pleurosigma* angulatum, dessen Diffractionsspectren genau so angeordnet sind, wie die von *Triceratium*, nur dass eine Apertur von nahezu 1·00 nöthig ist, um die sechs Spectren erster Ordnung (selbst bei intensiver Lichtquelle und schmalstem Beleuchtungskegel) ganz aufzunehmen (da der Abstand der Spectren vom centralen directen Bündel einer num. Apertur etwas über 0·40 entspricht). Die Spectren zweiter Ordnung liegen zwar weniger als doppelt so weit vom centralen Bündel, wie die der ersten Ordnung, doch muss der Beleuchtungskegel eine Apertur von nahezu 0·80 besitzen, damit die schiefsten Elementarkegel die Spectren zweiter Ordnung in die Apertur des Objectivs hineinbringen; bei centraler Beleuchtung mit schmalem Kegel kommen sie also im Objectiv von N. A. 1·40 noch nicht zum Vorschein. Obwohl nun die Erweiterung des Beleuchtungskegels bis zur Apertur von 0·80 kein neues Spectrum zur Wirkung bringt, verändert und verbessert sich das Bild schon vorher in hohem Grade. Bei ganz zugezogener Irisblende erscheinen die bekannten hellen Scheiben der *Pleurosigma*-Structur als kaum wahrnehmbar kleine, glänzende Pünktchen; bei Zunahme der Apertur des Beleuchtungskegels erweitern sich die Pünktchen auch hier zu immer grösseren hellen Scheiben. Ihre Vergrösserung geht noch weiter, nachdem die Apertur 0·80 erreicht ist, was man aus der Einführung von Spectren dritter Ordnung erklären könnte, obwohl die Intensität von diesen bei gewöhnlicher Beleuchtung

ganz minimal sein muss. (Ich vermag sie wenigstens nicht zu sehen; bei directem Sonnenlicht sind sie sehr deutlich.) Diese Erklärung lässt aber dieselbe Erscheinung bei *Frustulia* saxonica nicht mehr zu, weil hier schon der Abstand des ersten Diffractionsspectrums etwa 1·00 numerischer Apertur entspricht, also nicht einmal die schiefsten Elementarkegel ein Spectrum zweiter Ordnung in ein Objectiv von 1·40 hineinbringen können.

Eine andere, plausiblere Erklärung suchte E. M. NELSON [1] 1891, ebenfalls auf dem Standpunkte der ABBE'schen Theorie, wie wir noch sehen werden, in der Annahme, dass unsere Objective bei schmalen Beleuchtungskegeln nicht mit ihrer ganzen Apertur auf einmal zur Wirkung kommen, sondern verschiedene Zonen bei verschiedener Einstellung thätig werden, und deshalb stets nur ein kleiner Theil der Gesammtheit der Beugungsbüschel bei der Erzeugung des Bildes auf einmal mitwirken kann. Die verschieden gerichteten Elementarbüschel eines Beleuchtungskegels von grösserer Apertur setzen dagegen verschiedene Zonen des Objectivs auf einmal in Thätigkeit, so dass Beugungsspectra verschiedenen Ranges zusammenwirken und bei richtiger Einstellung, wo die Spectren erster Ordnung mit spielen können, ein objectähnlicheres Bild ergeben, als wenn nur Spectren des einen oder anderen Ranges mit dem directen Bündel mitgewirkt hätten. Im Einzelnen stehen aber NELSON's Ausführungen in Widerspruch mit gewissen, später zu besprechenden Thatsachen; auch genügen sie zur Erklärung des wesentlichen Unterschiedes nicht, welcher zwischen den Bildern mit weitem Beleuchtungskegel, namentlich den reinen Absorptionsbildern, und denen mit schmalem Beleuchtungskegel besteht.

Beobachtungen und Erwägungen haben mich zur folgenden Annahme geführt, welche, wenn sie auch keine erschöpfende Erklärung ist, doch mit vielen Thatsachen besser harmonirt, als die ABBE'sche Theorie der Bilderzeugung für sich allein. Mir scheint, dass das mikroskopische Bild stets eine Superposition ist von ein oder mehreren Interferenzbildern im Sinne ABBE's und einem, nach den Regeln der geometrischen Optik entstandenen Bilde, einerlei ob es sich um die Darstellung der gröberen Conturen oder der feinsten Structurverhältnisse handelt. Bei schmalen Beleuchtungskegeln überwiegt das Interferenzbild, ja das dioptrische Bild ist sehr lichtschwach, ganz verdeckt und überdies noch durch Oeffnungsbeugung gefälscht, in seinen Details verwischt. Je mehr wir die Apertur des Beleuchtungskegels vergrössern, umso mehr und umso reiner tritt das immer lichtstärker gewordene dioptrische Bild hervor, während die Interferenzbilder verblassen, einander überdecken und schliesslich ganz unsichtbar werden. Sind im Präparat nur Brechungsunterschiede, aber keine Farbenkontraste vorhanden, so ist das dioptrische Bild das, was wir Refractionsbild nannten, und mit der weiteren Vergrösserung der Apertur des Lichtkegels kann es ganz verschwinden. Sind auch Farbenkontraste da, so bleibt schliesslich das reine Absorptionsbild übrig, welches umso reiner ist, je grösser die Apertur des Lichtkegels, bis diese die des Objectivs erreicht. Besser kann es nicht werden, es wird aber auch nicht schlechter, wenn letztere übertroffen wird,

vorausgesetzt, dass man den belichteten Theil der Objectebene auf die Grösse des objectiven Sehfeldes reducirt.

Den Unterschied des dioptrischen Bildes und der Interferenzbilder desselben Objectes will ich hier nur mit einem Beispiel illustriren, und zwar wieder mit *Triceratium* in Canadabalsam. Beobachtet man es mit einem apochrom. Objectiv von 16 mm Brennweite (in dessen Apertur schon sämmtliche Diffractionsspectra des Objectes von namhafter Intensität hineingehen) und Compensationsocular 8 (zur Controlle kann man auch 18 nehmen) bei schmalstem Beleuchtungskegel (eine Blende mit 1/2 mm weiter Oeffnung im Blendenträger des ABBE'schen Condensors), so folgen beim allmählichen Heben des Tubus 15 verschiedene Bilder aufeinander, welche ich mit 1, 2, 3 u. s. w. bezeichnen will. Hat man eine sehr intensive Lichtquelle, so sieht man sogar schon vor Bild 1 und nach Bild 15 mehrere, allerdings weniger scharfe Bilder. Die Reihenfolge dieser Bilder ist ganz gleich, ob der Panzer mit der Concavität nach oben oder nach unten liegt. Nimmt man ein Immersionsobjectiv von 1·40 N. A., so kann man nur die mittleren 6 Bilder unterscheiden, welche von den früheren sehr wenig verschieden sind. Bild 1, 2, 3, 4, und 11, 12, 13, 14, 15 sind nicht sichtbar, dafür sind aber mehrere Uebergangsbilder zu sehen, welche früher nicht gesondert werden konnten. Wieder ist die Reihenfolge der Bilder dieselbe, ob man Panzer mit nach oben oder nach unten sehender Concavität beobachtet. Die Dicke des Panzers ist ungefähr 4 μ, und der Spielraum, innerhalb welchem die 15 Bilder aufeinander folgen, ist ungefähr 250 μ. Die mit dem Objectiv von 1·40 N. A. sichtbaren Bilder erscheinen innerhalb eines Spielraumes von etwa 80 μ. Also sind die verschiedenen Bilder weder auf optische Durchschnitte des Panzers, noch auf die durch die verschieden brechenden Bestandtheile des Panzers bedingte Vertheilung von Hell und Dunkel zu beziehen. Auf letztere u. A. auch deshalb nicht, weil die wirklichen, objectähnlichen hexagonalen Zellen beim Oeffnen des Irisdiaphragmas in dem Niveau erscheinen, in welchem Bild 8 zu sehen war, und im Niveau von 7 und 9 längst nicht mehr zu sehen sind; während in den Bildern 1-7 und 9-15 dieselbe Stelle der Bildebene abwechselnd mehrere mal bald hell, bald dunkel aussieht. Ueberhaupt kommt das Object bei den tieferen und höheren Einstellungen, bei denen noch scharfe Diffractionsbilder entstehen, in so geringe, beziehungsweise so grosse Entfernungen von dem Objectiv, dass gar keine reellen Bilder des Objectes im Mikroskop zwischen Collectiv- und Augenlinse entstehen können. Das Object hat also mit diesen Diffractionsbildern, weder mit dem „Conturbild" noch mit dem „Structurbild", abgesehen von der bewirkten Beugung, gar nichts zu thun. (S. w. u. zu NELSON [1] 1891.)

Dem gegenüber befindet sich das wirkliche Structurbild, wie es bei 1·00 Apertur des Beleuchtungskegels mit dem Apochromat von 3 mm Brennweite und 1·40 N. A. aussieht, zwischen zwei Einstellungen, deren Niveau-Unterschied nur ungefähr 4 μ ist, also die wirkliche Dicke des Panzers. Ganz genau kann man die Grenze deshalb nicht bestimmen, weil das Bild der scharf umschriebenen hexagonalen Zellen nach oben und nach unten in ein sich allmählich veränderndes und verschwindendes Licht- und Schattenbild übergeht, welches ebenfalls auf der Lichtbrechung des Objectes

beruht und eine gewissermassen objectähnliche, dioptrische Begleiterscheinung ist. Und dies geht daraus hervor, weil dasselbe Bild bei hoher Einstellung auftritt, wenn die Concavität des Panzers nach oben, und bei tiefer Einstellung, wenn diese nach unten gekehrt ist. Besonders charakteristisch ist hier ein Bild, welches ganz genau so aussieht, wie das seinerzeit von A. Eichhorn [1] mathematisch construirte Bild von *Pleurosigma* angulatum (reproducirt bei Carpenter [2] p. 71, Figur 64) mit dem Unterschied, dass *Triceratium* alles in viel grösseren Dimensionen zeigt, als *Pleurosigma* zeigen könnte. Um nicht missverstanden zu werden, will ich indessen gleich betonen, dass ich die Uebereinstimmung des von Eichhorn construirten Interferenzbildes mit unserem Refractionsbilde für rein zufällig halte. Sie ist aber, namentlich wenn man Panzer beobachtet, deren Concavität nach oben sieht, ganz überraschend. Sie erscheint dann bei tiefer Einstellung, nachdem der optische Durchschnitt der die Zellen voneinander trennenden verticalen Scheidewände verschwunden ist: auf milchweissem Grunde sehen wir, den Lumina der Zellen entsprechend, silbergraue runde Scheiben und zwischen diesen, an den Eckpunkten der früheren Sechsecke je ein kleines gleichseitiges Dreieck von derselben Farbe wie die Scheiben; die Dreiecke sind bei gewisser Einstellung noch durch feine, blasse Linien (die Seiten der Sechsecke) mit einander verbunden. Die relative Grösse der Scheiben und der Dreiecke ist ganz wie im Eichhorn'schen Bild, nur sind sie dort hell auf dunklem Grunde angegeben. Bei noch tieferer Einstellung gehen die Dreiecke in helle, glänzende Punkte über, welche immer kleiner werden und bald verschwinden. Um bei Panzern, deren Concavität nach unten sieht, im Wesentlichen dasselbe Bild zu bekommen, muss man umgekehrt, hoch einstellen. Statt der grauen Scheiben sehen wir dann helle, aber nicht glänzende Scheiben und statt der grauen Dreiecke helle, glänzende Dreiecke mit stark abgestumpften Ecken. Bei noch höherer Einstellung gehen letztere in immer kleinere schwarze Kreise mit glänzendem Mittelpunkt über, welche sich bald in schwarze Punkte umgestalten und darauf hin verschwinden. An auf ihre Kante gestellten, zerbrochenen Panzerstücken kann man sich überzeugen, dass die kleinen schwarzen Kreise die optischen Querschnitte von Stacheln sind, welche die convexe Fläche des Panzers besetzen und von den Eckpunkten der hexagonalen Zellen emporragen. Ebenso kann man sich überzeugen, dass die Scheidewände der Zellen gegen diese Fläche des Panzers zu dicker werden, sich über das Zell-Lumen wölben und dadurch den Lichtbrechungseffect bedingen, welcher zu dem Erscheinen jener Zwischendreiecke führt. Etwas, aber viel weniger ist auch der Boden der Zellen gegen die Concavität des Panzers zu gewölbt und er ist mit einer Lage von Körnchen besetzt, welche, in etwas unregelmässig parallelen Reihen alternirend angeordnet, etwas kleiner als die von *Pleurosigma* angulatum, aber durch grössere Zwischenräume von einander getrennt sind. Bei hoher Einstellung erscheinen sie auch im Balsampräparat stets hell, bei tiefer Einstellung dunkel. Der Niveau-Unterschied zwischen der Einstellung jener dunklen Punkte an der convexen Fläche des Panzers und der tiefsten Körnchen am Boden der Zellen ist kaum 8 μ, und innerhalb dieses Spielraumes erscheint bei jeder Einstellung ein Bild, welches als optischer Schnitt direct zu der wirklichen

Beschaffenheit des Panzers und der Lichtbrechung seiner Bestandtheile in Beziehung zu bringen ist[1].

Noch sind aber bei einer Apertur des Lichtkegels von 1·00 die Interferenzbilder nicht sämmtlich verschwunden. Bei tieferer Einstellung, wo das dioptrische Bild schon ganz verschwunden ist, bekommt man, natürlich sehr blass, Bild 6 und nachher noch Bild 5 zu Gesicht; bei hoher Einstellung kommt noch nach dem dioptrischen Bild das Interferenzbild 15 und erst darauf eine dem Bilde 1 oder 10 ähnliche Erscheinung. Für die Reihenfolge dieser Interferenzbilder ist es wieder gleichgültig, ob die Concavität des Panzers nach oben oder nach unten sieht. Der Niveauunterschied, innerhalb welchem sie sämmtlich erscheinen, ist nicht mehr als 15 μ. Nun könnte man glauben, dass die von uns als dioptrische betrachteten Bilder dadurch entstehen, dass die Interferenzbilder No. 7 bis 14 durch die grosse Apertur des Lichtkegels so zu sagen ineinandergeschoben werden. Diese Erklärung ist aber nicht möglich, weil die Reihenfolge der Interferenzbilder, wie betont, keine Abhängigkeit von der Lage des Panzers zeigt, und deshalb auch ihre Combination unabhängig davon sein müsste; die Reihenfolge unserer als dioptrisch aufgefassten Bilder hängt jedoch von der Lage des Panzers ab, somit entstehen sie nicht aus den Interferenzbildern. Eine gewisse Combination von letzteren mag wohl auch bei der Einstellung, wo wir durch die Beleuchtung mit dem weiten Lichtkegel das scharfe, punktweise objectähnliche Bild zu Sicht bekommen, in der Bildebene vorhanden sein, sie ist aber so blass und verschwommen, dass sie ganz verborgen bleibt.

Doch sind die Bedingungen einer nach den Regeln der geometrischen Optik entstehenden punktweisen Abbildung in unserem Falle nach Abbe's Ansicht nicht vorhanden. Und wenn sie vorhanden wären, ist es noch fraglich, ob die die Diffraction verursachenden Lichtbrechungsunterschiede des Objectes den Structurelementen, trotz deren Kleinheit, auch die sonstigen Eigenschaften brechender Körper, die auch für die Kontraste im punktweisen Bilde nöthig sind, wirklich verleihen können. Es heisst ja (z. B. bei Abbe [12] 1881 p. 412), dass sphärische, cylindrische oder prismatische Elemente, deren Durchmesser wenige Wellenlängen nicht übertrifft, keine den Linsen oder Prismen zukommenden Richtungsänderungen der Strahlen verursachen können; ihre Wirkung besteht nur in einer Retardation oder Acceleration der sie durchsetzenden Wellenbewegung, welche nur dazu genügen, eine Diffraction des Lichtes zu verursachen. Fassen wir nun diese zwei Punkte etwas näher ins Auge!

Was den ersten Punkt betrifft, so wollen wir die These Abbe's für die seinen Erörterungen zu Grunde gelegte Beleuchtungsanordnung gar nicht discutiren, sondern einfach als bewiesen acceptiren. Wird

---

[1]) Es hätte zu viel Raum gekostet, die Structur von *Triceratium* hier in allen Einzelheiten zu schildern. Deshalb habe ich es auch unterlassen, die oben erwähnten 15 Interferenzbilder des Näheren zu kennzeichnen. Vielleicht komme ich noch dazu, dies bei einer anderen Gelegenheit zu thun. Uebrigens genügen die gegebenen Anweisungen, damit sie jedermann leicht beobachten kann.

die Objectebene von von einer Lichtfläche herkommenden Lichtkegeln ohne Vermittlung eines bilderzeugenden Beleuchtungsapparates getroffen, so wird, wie schon besprochen (s. oben p. 469 u. f.), jeder Lichtpunkt zu jedem Punkte der Objectebene nur einen Lichtstrahl schicken können, dagegen wird, innerhalb gewisser Grenzen, ein und derselbe Punkt der Objectebene von allen Lichtpunkten je einen Strahl erhalten. Deshalb senden benachbarte Punkte der Objectebene von einem und demselben Lichtpunkte herstammende, also nicht incohärente, sondern confocale Strahlen in das Objectiv, während ein und derselbe Punkt der Objectebene nur incohärente, d. h. von verschiedenen Lichtpunkten herstammende Strahlen in das Objectiv sendet. Wir wollen also zugeben, dass die Bedingungen der punktweisen Abbildung (s. oben p. 509) im Allgemeinen und theoretisch nicht realisirt sind.

Wenn wir aber durch einen aplanatischen (dioptrischen oder katoptrischen, d. h. Condensor- oder Spiegel-) Beleuchtungsapparat ein möglichst aberrationsfreies Bild der selbstleuchtenden Fläche, der Lichtquelle, in der eingestellten Objectebene erzeugen, so wird jedem Punkte der zur Wirkung gelangenden Lichtfläche ein Punkt der Objectebene als Bildpunkt entsprechen, und alle von einem Lichtpunkte ausgehenden Strahlen, die überhaupt die Objectebene erreichen, werden hier in einem Punkte vereinigt, also erhält jeder Punkt der Objectebene von einem anderen Lichtpunkte Strahlen. Demnach gehen von jedem Punkte der Objectebene nur confocale Strahlen in das Objectiv, und die von benachbarten Punkten ausgehenden Strahlen sind unter einander incohärent. Da der Bildpunkt den Objectpunkt nach den Regeln der geometrischen Optik ersetzen kann, so wird sich hier die Objectebene dem Objectiv gegenüber so verhalten, wie die selbstleuchtende Fläche, und das vom Objectiv erzeugte Bild wird nichts weiter, als das durch das Einschalten des Objectes mehr oder weniger veränderte Bild der selbstleuchtenden Fläche. Da das Object stets eine Schichte von endlicher Dicke bildet, so erleiden die von den einzelnen Lichtpunkten herstammenden Lichtkegel in der Regel Veränderungen sowohl bevor sie die eingestellte Objectebene erreicht haben, als auch nachdem sie von dort ausgetreten sind. Also wird in der Objectebene ein verändertes Bild der Lichtquelle und in der Ebene des Objectivbildes ein verändertes Bild dieses vom Beleuchtungsapparat erzeugten Bildes der Lichtquelle entstehen. Auf dieser doppelten Veränderung beruht der Kontrast zwischen dem freien Gesichtsfelde, welches aus unveränderten Bildern von Lichtpunkten besteht, und dem mikroskopischen Bilde, welches aus den veränderten Bildern gewisser Punkte der Lichtquelle zusammengesetzt ist. Die einzelnen gleichzeitig den Lichtpunkten, den zu diesen conjugirten Punkten der Objectebene und den den letzteren conjugirten Punkten der Ebene des Objectivbildes entsprechenden, confocalen Lichtkegel können eine Veränderung erleiden, entweder a) durch Absorption oder b) durch Abschneiden gewisser Strahlen des Kegels, c) durch Polarisation der Strahlen, d) durch Einengung oder Erweiterung der Apertur der Kegel und e) durch Diffraction der Strahlen. In keinem Falle wird der Strahlenkegel aufhören, einer Kugelwelle anzugehören und interferenzfähige, weil confocale Strahlen zu enthalten. Ein selbstleuchtender Punkt wird nach Einschalten einer, wenn

auch ungleichmässig absorbirenden, brechenden oder polarisirenden Schichte in den Weg der Lichtstrahlen nicht aufhören, nach den Regeln der geometrischen Optik abbildbar zu sein. Und weiter geschieht in dem jetzt besprochenen Falle der mikroskopischen Abbildung nichts: eine selbstleuchtende Fläche wird durch ein System, welches aus dem Beleuchtungsapparat und dem Mikroskop zusammengesetzt ist, abgebildet. Je vollkommener und aplanatischer der Beleuchtungsapparat und je geringer die Tiefe des Mikroskops, umso vollkommener das durch den Gesammtapparat erzeugte Bild der Lichtquelle, also auch umso objectähnlicher caeteris paribus das mikroskopische Bild.

Die Erfahrung lehrt uns aber, dass unter gewissen Bedingungen, namentlich wenn die des reinen Absorptionsbildes (s. auch weiter unten) erfüllt sind, ein nachgewiesenermassen in hohem Grade objectähnliches Bild feinster Structuren, deren Diffractionsfächer ebenso wenig wie der eines *Pleurosigma* oder *Amphipleura* ganz in die Apertur des Objectivsystems hineingeht, auch ohne dass das Bild der Lichtquelle genau in die Objectebene projicirt wäre, ja sogar ohne bilderzeugenden Beleuchtungsapparat, entstehen kann. Im letzteren Fall gewinnt das Bild an Objectähnlichkeit umso mehr, je grösser die angulare Ausdehnung der zur Wirkung kommenden Lichtfläche. Dies findet darin seine Erklärung, dass dann umso zahlreichere Lichtstrahlen unter umso verschiedeneren Einfallswinkeln in jedem Punkte der Objectebene zusammentreffen. Demgemäss wird umso grösser auch die Zahl jener Lichtstrahlen, welche mit derselben Schwingungsphase dort zusammentreffen, also auch in ihrem weiteren Verlauf in gleicher optischer Entfernung vom Objectpunkte als Centrum einer Kugel die gleiche Schwingungsphase bewahren: sie verhalten sich so, als ob sie einer von einem selbstleuchtenden Punkte ausgegangenen Kugelwelle zugehörten. Für sich würden sie ein Bild dieses Punktes, welcher gewissermassen die Eigenschaften eines selbstleuchtenden Punktes erlangte, nach den Regeln der geometrischen Optik erzeugen. Vom selben Punkte gehen aber auch (gebeugte und ungebeugte) Strahlen mit verschiedener Schwingungsphase aus, welche, insofern sie nicht confocal sind, mit einander nicht, wohl aber mit confocalen Strahlen, die von benachbarten Punkten ausgehen, interferiren können und so ein dem Objecte nicht punktweise entsprechendes Interferenzbild ergeben. Dieses Interferenzbild ist also dem geometrischen Bilde auf- und angelagert. Damit letzteres dem Objecte wirklich punktweise entspreche, muss die Interferenz der von benachbarten Objectpunkten und vom Diffractionsspectrum in der Brennebene des Objectivs ausgehenden confocalen Strahlen mit ungleichen Phasen zu einer Vernichtung der Wellenbewegung führen, ebenso wie die geometrische Optik eine Vernichtung der Lichtbewegung um den Bildpunkt herum nach dem Huyghens'schen Principe postulirt (s. auch bei Abbe [**16** a] p. 43) und sich so die Wirkung der Begrenztheit der Wellenfläche, den Beugungseffect der Oeffnung, hinwegdenkt. Aehnliches kann auch hier umso eher geschehen, je zahlreichere Elementarwellen verschiedener Phase in den einzelnen Punkten der Objectivbrennebene einerseits und der Bildebene andrerseits, d. h. in dem schliesslich zurückbleibenden Bildpunkt und um denselben herum zusammentreffen. Die Verschiedenheit der Phasen wird aber umso grösser, unter

je verschiedeneren Winkeln die Strahlen in die Objectebene einfallen. Schliesslich bleibt eine Summirung der Quadrate der Amplituden eines grossen Theiles jener Strahlen (Elementarwellen) übrig, welche von den Objectpunkten mit gleicher Phase ausgingen, in dem conjugirten Bildpunkt mit gleicher Phase angelangten. Auch hier haben wir in der punktweisen Abbildung einen Grenzfall vor uns; dieser kann umso eher realisirt werden, je weitere Lichtkegel mit je grösserer Anzahl von Strahlen von den einzelnen Objectpunkten ausgehen und vom Objectiv aufgenommen werden. Zwar giebt die Undulationstheorie eine wirkliche Addition, eine Resultante der Amplituden von nicht confocalen Strahlen nicht zu, nur die Summirung der vis viva der einzelnen Strahlen. Ist jedoch diese Summirung der vis viva in der Bildebene punktweise begrenzt, so ist für uns das Resultat dasselbe: die einzelnen Punkte der Objectebene haben gewissermassen die Eigenschaften selbstleuchtender Punkte erlangt, nur entspricht ihre Lichtstärke nicht der Summe der von sämmtlichen von dort ausgehenden und in das Objectiv gelangenden Lichtstrahlen, sondern nur derjenigen, welche nicht durch Interferenz mit in Bezug auf die Lichtquelle confocalen Strahlen verschwinden. Auch diese Lichtstärke ist also umso grösser, je grösser die Apertur des Beleuchtungskegels und des Objectivs. Und das scheint mir die Erklärung davon zu sein, dass das geometrische Bild umso mehr zur Geltung kommt, das ABBE'sche Interferenzbild dagegen umso mehr verblasst, je grösser die Apertur des Beleuchtungskegels und des Objectivs, aber bei gleicher Apertur auch je mehrere Strahlen im Beleuchtungskegel enthalten sind. Daraus folgt endlich auch die Ueberlegenheit der lichtstärksten aplanatischen Condensoren von grösster Apertur über alle anderen Beleuchtungsvorrichtungen, wie in anderem Zusammenhange schon gezeigt wurde.

Bevor wir aber diesen Punkt verlassen, will ich eines noch erwähnen. Will jemand obige Betrachtung, nach welcher auch Objectpunkte, von welchen nicht confocale Strahlen ausgehen, gewissermassen die Eigenschaft selbstleuchtender Punkte annehmen und von ihnen dann geometrische Bildpunkte erzeugt werden können, nicht acceptiren, so muss er diese Möglichkeit auf solche Punkte der Objectebene beschränken, welche in Folge der Wirkung eines bilderzeugenden Beleuchtungsapparates die zu den wirklichen Lichtpunkten conjugirten Bildpunkte sind, also Centren von Kugelwellen darstellen. Für diese ist gerade in der sphärischen und chromatischen Abberation des Beleuchtungsapparates die Erklärung gegeben, weshalb von derselben Objectebene bei innerhalb gewisser Grenzen verschiedenen Einstellungen des Beleuchtungsapparates, und von verschiedenen Ebenen bei derselben Stellung des Beleuchtungsapparates geometrische Bilder erhalten werden können. Der Beleuchtungsapparat entwirft nämlich nicht nur ein Bild des Lichtpunktes, sondern eine grosse Anzahl hintereinander auf der optischen Achse gelegener Bildpunkte, welche, als nach dem HUYGHENS'schen Princip sämmtlich Centren von Kugelwellen, alle nach den Regeln der geometrischen Optik auch weiter abgebildet werden müssen. Wenn wir also auch die Möglichkeit der Betheiligung eines geometrischen Bildes an dem mikroskopischen Bild auf den Fall der Benützung eines bilderzeugenden Beleuchtungsapparates beschränken wollen, so können ihrer Realisirung in

der Praxis doch keine Schwierigkeiten im Wege stehen, weil für die Einstellung des Beleuchtungsapparates ein ziemlich grosser Spielraum geboten ist, und die verschiedenen Einstellungen des Präparates während der Beobachtung kein Heben oder Senken des Condensors erfordern. Nichtsdestoweniger erheischt das Optimum in Betreff der Objectähnlichkeit und in Betreff der Schärfe des reinen Absorptionsbildes eine gewisse genaue Einstellung des Beleuchtungsapparates, allerdings nicht in die Objectebene selbst, sondern höher, in die Ebene der vorderen Objectivöffnung, worüber weiter unten die Rede sein wird.

Auch dieses deutet aber darauf hin, dass die Punkte der Objectebene die Eigenschaften selbstleuchtender Punkte annehmen können, ohne Bildpunkte der selbstleuchtenden Punkte der Lichtquelle zu sein. Vielleicht werden die Elementarwellen, indem sie sich in den einzelnen Punkten der Objectebene kreuzen und durchdringen, durch eine gewisse moleculare Wirkung des Objectes in der Weise verändert, dass die mit gleicher Phase von einem Punkte ausgehenden Elementarwellen sich so verhalten, als ob sie einer Kugelwelle zugehörten, deren Erschütterungscentrum jener Punkt ist. Für diese Hypothese hätte ich, wenn sie überhaupt nöthig wäre, natürlich keine andere Begründung, als wieder nur die Thatsache aus meiner histologischen Erfahrung, dass sowohl von einzelnen Structurelementen als auch von complicirten Structurverhältnissen, deren lineare Ausmasse zu den allerkleinsten gehören, welche, nicht einmal die Diatomeen ausgenommen, mit dem Mikroskop überhaupt beobachtet wurden, unter den wiederholt erwähnten Umständen Bilder zu bekommen sind, deren absolute Aehnlichkeit mit entsprechenden optischen Durchschnitten des Objectes experimentell nachgewiesen werden kann. Die Theorie der secundären Abbildung giebt aber eine vollkommene Objectähnlichkeit nur für den Fall zu, dass das vollständige Beugungsspectrum in der Austrittspupille des Objectivsystemes erscheint, wenn also kein abgebeugtes Licht von merklicher Lichtstärke verloren geht. Will man also auf dem Standpunkte dieser Theorie bleiben, so muss man zugeben, dass unter Umständen jedes Element des mikroskopischen Präparates unbeschadet der Kleinheit der eigenen Dimensionen und des geringen Abstandes von benachbarten Elementen ein vollkommenes Beugungsspectrum in das Objectiv sendet. Auf diese Weise gestaltet sich die Theorie der secundären Abbildung zu einer besonderen mathematischen Methode der Ableitung des dioptrischen Abbildungsvorganges bei nicht selbstleuchtenden Objecten. Eine Verschiedenheit des Resultates der secundären Abbildung von dem zu erwartenden dioptrischen Bilde bleibt auf die Fälle beschränkt, wo die Beugungswirkung des Präparates an sich zu einem Beugungsspectrum führt, welches aus getrennten Spectren besteht, die unter grossem Winkel von dem directen Bündel abgelenkt sind und nicht alle in die Oeffnung des Objectivs hineingehen. Experimentell lässt sich eine nicht unbedingt objectähnliche, secundäre Abbildung nur in solchen Fällen nachweisen. Diese Wirkung des Objectes kann aber durch einen Lichtkegel von maximaler Apertur und grosser Lichtstärke und durch entsprechende Herstellungsweise des Präparates aufgehoben werden. Dann fällt das Resultat der secundären Abbildung mit der der dioptrischen Abbildung zusammen, als ob das Object selbstleuchtend wäre. So bleibt als

Ursache der Beschränktheit der mikroskopischen Unterscheidung nur die von HELMHOLTZ angenommene Oeffnungsbeugung, deren Beseitigung mir aber, wie auf p. 490 bemerkt, auch möglich zu sein scheint.

Damit sind wir zu dem zweiten Punkte unserer Erörterung, zu der Frage gelangt, wenn unsere Präparate die nöthigen Kontraste enthalten zum Erzeugen eines sichtbaren dioptrischen Bildes. Von der Diffraction vorläufig abgesehen, können die Kontraste ganz allgemein a) auf Retardation oder Acceleration der Lichtbewegung (Aenderung der Wellenlänge) und b) auf Intensitätsänderungen des Lichtes (Aenderung der Wellenamplitude) beruhen.

In Betreff von a), so spielt nach ALTMANN, wie wir sahen, die Ausbreitung des Beleuchtungskegels durch die Brechung im Präparate die grösste Rolle; nach ABBE kann ihr eine solche überhaupt nicht zukommen, weil Elemente von so geringen linearen Ausmassen, wie diejenigen, um welche es sich bei feineren Structuren handelt, keine Ablenkung der Strahlen, also keine Brechung im engeren Sinne bewirken können. Dass diese Auffassung doch nicht ganz richtig ist, scheinen mir folgende Beobachtungen darzuthun.

Selbst bei Objecten, welche ein aus getrennten Spectren bestehendes Beugungsspectrum zu erzeugen geeignet sind, sieht man, wenn man mit dem schmälsten Lichtkegel beleuchtet und alles Nebenlicht sorgfältig ausschliesst, in der Oeffnung des Objectivs ausserhalb des directen Büschels und der getrennten Spectren noch anderes Licht. Ich meine hier nicht das diffuse Licht, welches in der dunklen Zone des Objectivs bemerkbar ist, einerlei ob man etwas eingestellt hat oder nicht. Man sieht aber ausser den Spectren Lichtstreifen, deren Richtung in beständigem Verhältniss zur Richtung der lichtbrechenden Elemente des Objectes steht, selbst wenn diese sehr geringe Dimensionen besitzen. Am geeignetsten fand ich zum Constatiren dieser Thatsache 2-3 μ dicke Frontalschnitte von isolirten platten Muskelfasern von *Pontobdella* oder von quergestreiften Muskelfasern junger Tritonen, bei welchen beiden der Abstand der einzelnen Myofibrillen (contractilen Leisten bei *Pontobdella* s. APÁTHY [6], [7] und [9]) sicher nicht grösser als 1 μ ist. Die Muskelfasern von *Pontobdella* in Glycerin geben zwei prachtvolle Beugungsspectra, vertical auf die Richtung der Myofibrillen; mit dem apochromatischen Trockenobjectiv 4 untersucht, reicht deren rothes Ende beinahe an den Rand der Oeffnung von 0·95 N. A., während ihr violettes Ende ziemlich weit von der centralen, hellen Scheibe entfernt ist. Dasselbe sieht man bei den Muskelfasern von *Triton.* Nimmt man Muskelfasern, bei welchen der Abstand der Myofibrillen grösser ist, so kommen entsprechend mehrere Spectren in die Apertur (z. B. bei Muskelfasern der Larve von *Monohammus).* Immer ist aber diametral durch die ganze Oeffnung ein gleich breiter Lichtstreifen gelegt, und in diesem liegen die einzelnen Spectra. Je grösser man bis zu einem gewissen Grade die Oeffnung des Lichtkegels macht, umso heller und deutlicher werden die Lichtstreifen, während die Spectren selbst verblassen. Bei *Triceratium* sieht man mit dem erwähnten Objectiv drei Lichtstreifen unter 60° gekreuzt, welche ganz bis an den Rand der Apertur gehen, wogegen die Spectren schon weit von dem Rande keine bemerkbare Intensität mehr besitzen. Die Lichtstreifen stehen vertical auf den Seiten der Sechsecke der Panzerstructur (ebenso wie bei den Muskelfasern vertical auf der Richtung der Myofibrillen) und entsprechen den Ra-

dien des Oeffnungsbildes, welche die Einzelspectren zweiter Ordnung mit der centralen Lichtscheibe verbinden. Die Lage der Einzelspectren erster Ordnung, welche die lichtstärksten sind, entspricht den Eckpunkten der Sechsecke des Panzers, so wie bei *Pleurosigma,* wo die die Spectren mit einander verbindenden Diameter der Oeffnungsbilder den Winkel halbiren, den die drei Reihen von Körnchen mit einander bilden. Sieht man genau vertical in den Tubus des Mikroskops hinein, wobei alle Einzelspectren gleichzeitig deutlich erscheinen müssen, so sind nur die erwähnten drei Lichtstreifen sichtbar, andere, welche die durch jene gebildeten Sextanten halbiren und so über die Einzelspectra erster Ordnung gehen würden, erblickt man nicht. Sobald jedoch die Augenachse mit der Mikroskopachse nicht coincidirt, erscheinen auch solche, aber nie alle drei auf einmal, sondern je nach der Richtung des Auges bald in der einen, bald in der anderen Richtung, und man erkennt leicht, dass sie durch scheinbare Verschmelzung der schief angesehenen Spectren entstehen, während die vorigen drei Streifen Lichtstrahlen zuzuschreiben sind, die lediglich durch die Scheidewände der sechseckigen Zellen abgelenkt sein müssen, ebenso wie ein intensiver Lichtstreifen bei *Pleurosigma* vertical auf der Mittelrippe der von dieser abgelenkten Strahlen seine Entstehung verdankt. Bei *Pleurosigma* angulatum sind die den dreien bei *Triceratium* entsprechenden Lichtstreifen zu lichtschwach, um genug deutlich zu sein; umso auffälliger ist jener auf der Mittelrippe vertical stehender Lichtstreifen, welcher den Winkel von zwei durch die Spectren gehenden Diametern halbirt, also nicht aus abgebeugten Strahlen besteht.

Man lege eine matte Scheibe in ein von der Sonne beschienenes Fenster ein (oder klebe eine Pauspapierscheibe auf das Glas) und mache ein schwarzes Kreuz oder beliebige andere Zeichen darauf. Man stelle mit einem stärkeren Objectiv (man kann auch Immersionssysteme nehmen) einen möglichst flachen Panzer von *Triceratium* ein, verschiebe diesen aus dem Gesichtsfelde so, dass das Deckglas noch unter dem Objectiv bleibt, entferne dann das Ocular und richte den Beleuchtungsapparat mit nicht zugezogener Iris (damit die Diffractionsspectren nicht stören) so, dass ein scharfes Bild des Kreuzes auf der matten Scheibe im Oeffnungsbilde des Objectivs erscheint. Wenn man nun den Panzer in das Gesichtsfeld zurückschiebt, so erscheint das Bild des Kreuzes, als ob man es durch eine matte Scheibe betrachten würde: ein Zeichen, dass die Lichtstrahlen beim Durchgang durch den Panzer eine Ablenkung erlitten haben. Und doch sind hier die die Brechung lediglich verursachenden Bestandtheile des Panzers, die Scheidewände der hexagonalen Zellen, im Mittel nicht über 0·5 μ dick, wie man sich durch Messen an optischen Durchschnitten von auf der Kante stehenden Panzerstücken überzeugen kann. Nach der Diffractionstheorie könnten sie in der Wirklichkeit noch dünner sein, als sie unter dem Mikroskop aussehen. Allerdings sind sie nahe an 3 μ hoch. Aber man kann auch mit Diatomeen mit noch feinerer Zeichnung und mit den erwähnten Muskelfasern von *Pontobdella* dieselbe Ablenkung der Strahlen beobachten. Dagegen erleidet das Bild des Kreuzes keine merkliche Veränderung, wenn man Diatomeen mit der feinsten Zeichnung, wie *Pleurosigma* angulatum und dergl. in den Weg der Lichtstrahlen einschaltet.

Auf eine Ablenkung der Strahlen scheint weiter das Dunkelfeld-Bild von *Triceratium* und anderen ähnlichen Objecten zu deuten. Dieses zeigt ein glänzend weisses hexagonales Gitter, welches, wenn die Zone der zugelassenen Randstrahlen genau concentrisch und der eingestellte Theil des Panzers vertical auf der optischen Achse ist, durch Heben und Senken des Tubus nicht verändert wird, sich also wesentlich von den oben erwähnten Interferenzbildern unterscheidet. Es ist das Negativ von dem scharfen Gitterbild, welches man mit breitem Beleuchtungskegel bekommt. Bei tieferer und höherer Einstellung gesellen sich dazu jene erwähnten blassen Interferenzbilder, welche auch bei breiten Beleuchtungskegeln unterscheidbar sind. Ganz anders ist es, wenn man bei schmalem Beleuchtungskegel die Centralstrahlen durch Einlegen einer Blende in das Objectiv abschneidet. Dann bekommt man die für *Triceratium* bei verschiedener Einstellung charakteristische Reihe von Interferenzbildern, ohne das Bild des scharfen, glänzenden Hexagonalgitters; sie sind zusammengesetzt aus minder dunklen Elementen auf einem ganz dunklen Grunde. Besonders bemerkenswerth ist unter diesen Bildern eines, welches der Nummer 9 entspricht und ebenfalls nur aus glänzenden Punkten in der Mitte der (hier nicht sichtbaren) Sechsecke besteht (s. oben p. 512). Der Durchmesser dieser Punkte oder Scheiben nimmt mit dem Durchmesser des Lichtkegels zu; sie scheinen also auch hier die Bilder der Blendenöffnung im Beleuchtungsapparat zu sein. Sind sie es, so können sie nur durch abgelenkte Lichtstrahlen erzeugt worden sein, weil ja die directen durch die Blendscheibe im Objectiv abgeschnitten sind. Das glänzende Hexagonalgitter könnte indessen auch durch Superposition der Bilder entstehen, welche den einzelnen in verschiedenen Azimuthen einfallenden abgebeugten Büscheln entsprechen würden. Dagegen spricht Folgendes. Verschiebt man den bei Beleuchtung mit schmalem Lichtkegel gesondert erscheinenden directen Lichtbüschel gegen den Rand des Oeffnungsbildes des Objectivs, so wird dadurch das eben eingestellt gewesene Interferenzbild nicht wesentlich verändert, namentlich durch kein anderes ersetzt, welches bei centraler Beleuchtung bei einer höheren oder tieferen Einstellung zu sehen gewesen wäre; es wird nur verzerrt, und wenn man den directen Lichtbüschel am Rande des Oeffnungsbildes herumdreht, so wird das Bild nur in verschiedener Richtung verzerrt. Sobald das directe Bündel über den Rand gerückt ist, bleiben nur die hellsten Flecke des Bildes sichtbar in Form von einseitigen Reflexen. Die höchsten und tiefsten Interferenzbilder, die man bei centraler Beleuchtung sieht, sind bei dieser Lage des directen Lichtbüschels überhaupt nicht sichtbar.

Wenn die Dimensionen der Structurelemente zu gering sind und man deshalb eine Ablenkung der Strahlen bei der einfachen Brechung nicht direct nachweisen kann, so bleibt in vielen Fällen eine doppelte Lichtbrechung noch immer gut wahrnehmbar. Eine sehr deutliche positiv einachsige Doppelbrechung zeigen die Myofibrillen der Muskelfasern von *Pontobdella, Lumbricus* und vielen anderen Objecten, selbst wenn sie dünner sind als 1 μ. Eine höchst auffällige Doppelbrechung und, wenn sie durch Nachvergoldung tingirt sind, einen sehr starken Pleochroismus habe ich f ü r d i e e i n z e l n e n F i b r i l l e n des intracellulären Fibrillenconus der Darmepithelzellen von *Anodonta* und *Unio* nachgewiesen, welche noch bedeutend dünner sind. (S. Apáthy [11] p. 704-707). Eine weniger deutliche Doppelbrechung, aber

einen ebenso deutlichen Pleochroismus zeigen auch die allerdünnsten Neurofibrillen von 0·1 μ, ja noch geringerer Dicke. Wenn also Elemente, deren Dimensionen nicht einmal eine Wellenlänge erreichen, eine durch ihre Doppelbrechung sicher nachweisbare Ablenkung des extraordinären Strahls von dem ordinären verursachen können, warum können nicht ähnliche Elemente eine Ablenkung der Lichtstrahlen überhaupt verursachen?

Nach alle dem glaube ich, dass Structurelemente von geringeren Dimensionen, entsprechend der geringen Länge des Weges, den die Lichtstrahlen in ihnen zurücklegen, zwar eine geringe, bei vielen gar nicht mehr direct wahrnehmbare Ablenkung des Lichtes bewirken, sich aber in dieser Hinsicht sonst nicht von Elementen von grösseren linearen Ausmassen unterscheiden. Weil die Retardation und Acceleration der Lichtbewegung noch eine merkliche Diffraction hervorrufen kann, wenn sie auch keine nachweisbare Ablenkung mehr bewirkt, sind die auf dieser Diffraction beruhenden Interferenzbilder unser einziges Mittel, uns von dem Vorhandensein einer Structur zu unterrichten in Fällen, wo auch keine genügende Absorption erfolgt. Nur in diesen Fällen kann das mikroskopische Bild nicht anders als auf dem Wege der secundären Abbildung, als durch Interferenz entstehen.

Kurz zusammengefasst, so dürfen wir den Lichtbrechungsunterschieden eine grössere Rolle im Erzeugen des mikroskopischen Bildes, abgesehen von der Diffraction, zugestehen, als Abbe meint. Aus Gründen, welche nichts mit der secundären Abbildung zu thun haben und später noch erörtert werden sollen, wollen wir ihnen aber nicht die grosse Rolle lassen, welche ihnen Altmann geben will.

Was Punkt b.) (p. 521) betrifft, so stehen die geringen linearen Ausmasse der Structurelemente der bemerkbaren Absorption wenigstens sicher nie im Wege. Neurofibrillen können ganz gut 0·1 oder 0·05 μ dünn sein, und doch kann man sie wohl unterscheiden, wenn sie nur intensiv genug tingirt sind. Nach der Theorie der secundären Abbildung kann ein isolirtes Object nie kleiner aussehen, als es in Wirklichkeit, die rein geometrische Vergrösserung durch das Mikroskop in Betracht gezogen, ist; wohl muss es aber, sobald seine Ausmasse unter einer gewissen Grenze bleiben, grösser aussehen, als es ist. Eine Fibrille erscheint, wenn das von ihr verursachte Diffractionsspectrum nicht ganz in die Oeffnung des Objectivs hineingeht, so dick, wie eine Fibrille, deren Diffractionsspectrum eben ganz aufgenommen wird (s. z. B. bei Abbe [12] p. 416, Dippel [1] p. 137 u. f.). Geht das vollkommene Beugungsspectrum nicht einmal in die Oeffnung unserer Objective mit der grössten Apertur hinein, so hängt die scheinbare Dicke einer solchen Fibrille, abgesehen von der geometrischen Vergrösserung, nur von der Apertur des benutzten Objectivs ab; je geringer diese ist, scheinbar umso dicker die Fibrille. Unter dieser Grenze würde es also für das mikroskopische Bild gar nichts ausmachen, wenn die Fibrille in Wirklichkeit halb oder doppelt so dick ist; ihr Bild bliebe gleich. Nun kann ich nach der auf p. 421-424 besprochenen Methode in meinen Präparaten Neurofibrillen von 0·05, 0·1, 0·2, 0·5, 1 μ und verschiedener anderer Dicke messen; und die Fibrillen können nach der Abbe'schen Theorie in Wirklichkeit noch dünner sein, als ich sie sehe. Wo ist also die Grenze, unter welcher ähnliche Gebilde aufhören, ihre wirklichen, individuellen Dimensionen zu zeigen? Ein

Durchmesser von 0·05 μ, von 50 Millimikren, der zehnte Theil der Wellenlänge des grüngelben, optisch wirksamsten Lichtes ist sie noch nicht. Und noch feinere Structurelemente kennen wir bis jetzt gar nicht. Also ist es für uns praktisch so, als ob isolirte Elemente überhaupt, trotz der Theorie der secundären Abbildung, wie geringe Dimensionen sie auch besitzen mögen, unter gewissen Bedingungen rein geometrisch abgebildet werden würden.

Eine Neurofibrille, mag sie noch so dünn sein, erscheint im mikroskopischen Bilde, wenn ich sie mit Gold tingirt habe, schwarz, nach Färbung mit Methylenblau blau, mehr oder weniger violett, im polarisirten Licht bei der einen Stellung des Polarisators grünlich blau; bei der darauf verticalen röthlich violett, nach Färbung mit Hämateïnlösung I. A. dunkel azurblau, nach Säurefuchsin hell rubinroth u. s. w., immer in charakteristischer, je nach dem Tinctionsmittel verschiedener Farbe, während ihre Umgebung ungefärbt bleiben oder eine viel blassere oder andere Farbe annehmen kann. Wir besitzen also Mittel, die allerfeinsten, bis jetzt bekannten Structurelemente auf Grund ihrer Lichtabsorption bequem sichtbar zu machen.

Der Sichtbarkeit überhaupt will die Theorie der secundären Abbildung keine Grenzen setzen, nur der Unterscheidbarkeit nahe zu einander liegender Elemente und der Objectähnlichkeit des Bildes. Falls die Bedingungen des reinen Absorptionsbildes in Betreff der Beleuchtung, des Präparates und des Objectivs erfüllt sind, so bemerken wir an den Structurelementen und an den Structurverhältnissen von unseren bis jetzt bekannten Objecten keine solche Grenzen. Wie vollkommen begründet diese Theorie vom mathematischen Gesichtspunkte auch sei, so brauchen wir ihre Schlüsse praktisch nicht anders, als eine Kategorie jener Schwierigkeiten zu betrachten, welche der mikroskopischen Beobachtung im Wege stehen, welche aber unsere Mikrotechnik zu beseitigen im Stande ist. Das mikroskopische Bild können wir, ausgenommen wenn das Object selbst eine im Bilde zur Wirkung kommende Diffraction verursacht, des weiteren so auffassen, als ob es auf dioptrischem Wege zu Stande käme. Wir werden demnach nur ausnahmsweise auf Diffraction beruhende Interferenzbilder benützen, die wir, um sie von den Refractionsbildern und Absorptionsbildern in meinem Sinne zu unterscheiden, auch fortan Diffractionsbilder nennen.

Endlich braucht sich der praktische Mikrograph, welcher das Mikroskop als Werkzeug seiner Beobachtungen neben dem unbewaffneten Auge benutzt, schon deshalb nicht weiter um die Theorie der secundären Abbildung zu bekümmern, weil gegenüber der Objectähnlichkeit des Retinabildes beim gewöhnlichen Sehen dieselben Bedenken gemacht werden könnten, wie gegenüber der Objectähnlichkeit des mikroskopischen Objectivbildes, da beide auf dem Wege der secundären Abbildung zu Stande kämen, falls es sich nicht um selbstleuchtende Objecte handelt. Das Objectivbild ist dem eingestellten optischen Durchschnitt des Objectes, abgesehen von der Ablenkung der Strahlen, der Absorption des Lichtes u. s. w. durch das Object, welche beim Aufbau seiner Theorie auch Abbe nicht berücksichtigte (s. z. B. p. 18 in [16a]), nicht weniger ähnlich, als das Retinabild von einem mit unbewaffnetem Auge gesehenen flächenhaften Objecte. Da ferner das Objectivbild, als Resultat der Interferenz von in Bezug auf die Lichtquelle (nicht auf die einzelnen Objectpunkte) confocalen Strahlen, wie ein selbstleuchtendes Ob-

ject, nach den Regeln der geometrischen Optik, punktweise weiter abgebildet wird, so behält auch das vom Auge empfangene mikroskopische Bild dasselbe Verhältniss der Objectähnlichkeit zu dem Object, wie das Objectivbild. Die ABBE'sche Theorie behandelt nämlich das durch Interferenz vom Diffractionsspectrum aus erzeugte Bild wie ein selbstleuchtendes Object, dessen weitere Abbildung punktweise stattfindet. Die secundäre Abbildung beim Mikroskop besteht ja in ihrer einfachsten Auffassung darin, dass das Objectiv ein virtuelles Bild des vom Object erzeugten Diffractionsspectrums entwirft, und die von den einzelnen Punkten dieses Bildes ausfahrenden Strahlen durch ihre Interferenz in der Objectebene eine Vertheilung des Lichtes, ein Interferenzbild erzeugen, welches vom Objectiv, punktweise abgebildet, vergrössert in die Ebene des Objectivbildes projicirt wird (s. z. B. bei DIPPEL, [1] p. 134-136). Kurz zusammengefasst, so macht an und für sich der Umstand, dass das mikroskopische Object nicht selbstleuchtend ist, das mikroskopische Bild dem Objecte auf keinen Fall unähnlicher, als man die Gegenstände mit blossem Auge sieht. In wiefern unser Auge im Stande ist, uns von der wirklichen Beschaffenheit der Dinge zu unterrichten, ist eine Frage, für deren Lösung die Mathematik der transcendentalen Philosophie die Hand reichen mag, mit welcher sie aber dem Mikrographen nur unnöthige Sorgen bereiten könnte.

1880 hält ALTMANN [8] noch einen Lichtkegel von 30° Apertur für die am häufigsten vorkommende und beste Art der Beleuchtung (u. A. auf p. 173). 1882, als er den zweiten Theil seiner Erwiderung an ABBE veröffentlichte, hatte er die grosse Bedeutung der reinen Farbenbilder (er nennt sie noch immer die directen Bilder) und die Unentbehrlichkeit der weiten Lichtkegel, der „vollen Beleuchtung", schon kennen gelernt (s. namentlich p. 54 in [10]). Die ausführliche Abhandlung ABBE's, der Aufsatz [16a], war noch nicht erschienen, also konnte ALTMANN die Erweiterung der ABBE'schen Theorie auch auf solche Bilder noch nicht berücksichtigen.

H. E. FRIPP [2]: Nachtrag zu obigem Referat (p. 501), welcher eine weitläufige Beweisführung enthält, dass auch der Planspiegel convergirende Strahlen zu jedem Flächenelement des Objectes sendet. — TOLLES [5] complicirt seinen oben besprochenen Beleuchtungsapparat, und SWIFT [2] giebt eine neue Form seines schwingenden Condensors an, welcher, auf einem Kreisbogen verschiebbar, unter verschiedenen Winkeln zur optischen Achse des Mikroskops zu stellen ist. — A. W. ROGERS [4] nennt den TOLLES'schen Vertical-Illuminator „Interior Illuminator for opaque Objects" und reclamirt die Priorität der Erfindung (1866) für TOLLES; er zählt mehrere ähnliche Apparate von anderen Autoren auf, die indessen nicht für morphologische, sondern physikalische und Mess-Zwecke bestimmt sind. — Aus diesem Jahre stammt POWELL & LEALAND's [1] chromatischer Immersions-Condensor von 1·30 N. A. Der Royal Microscopical Society wurde er schon Ende 1879 vorgelegt, aber 1880 verbessert in den Handel gebracht. Er soll eigentlich nur den ABBE'schen mit 1·40 N. A. dem englischen Geschmack näher bringen; da er aber deshalb aus viel kleineren Linsen zusammengestellt ist, so ist er weniger lichtstark. E. M. NELSON [1] datirt ihn (p. 92) aus 1881. Eine weitere, bald eingeführte Modification desselben Condensors erreichte eben-

falls die Apertur 1·40. — J. MAYALL jun. [5]: ein kleiner Halbcylinder, an Stelle der Halbkugel als Condensor empfohlen, giebt einen weniger intensiven Lichtkeil als der „disk-Illuminator" WENHAM's. Die Ebene der am schiefsten einfallenden Strahlen steht bei dem Halbcylinder vertical auf der Lichtkeilkante, welche deshalb parallel mit den aufzulösenden Streifen gestellt werden muss, was für die Auflösung weniger vortheilhaft ist. — JAMES EDMUNDS [1]: der auf p. 295 schon besprochene Objectträger, welcher gleichzeitig wie das stumpfe Glasparaboloid WENHAM's (s. oben p. 458) wirkt und benützt wird, indem das Object auf die obere plane Fläche des stumpfen Paraboloids gelegt wird. — Im Amer. Journ. Micr. (5 vol., 1880, p. 136) wird ein Artikel in „Nicholson's Journal" aus 1804 citirt, welcher beweist, dass nicht nur die Idee eines Irisdiaphragmas für optische Instrumente schon damals aufgetaucht ist, sondern auch die Ausführung im Wesentlichen in der heute üblichen Art und Weise angegeben ist. — Eine davon abweichende, weniger handliche, nur vielleicht etwas billigere Form giebt seinen Mikroskopen G. WALE [1] bei. — JAMES SMITH [2] beschreibt eine uralte Anwendungsweise der planconvexen Sammellinse (bull's-eye) für sehr schiefe Beleuchtung. Dabei muss man die Lampe in 3 Zoll Entfernung vom Mikroskop stellen, was die Beobachtung nicht besonders angenehm machen dürfte; überhaupt möglich ist sie nur bei dem horizontal umgelegten Mikroskop. — Th. W. ENGELMANN [4] benützt zum Abhalten des fremden Lichtes vom Auge einen auf FLÖGEL's Anregung construirten Dunkelkasten (p. 577), welcher den ganzen Oberkörper des Mikroskopirenden in sich einschliesst. Er ist 75 cm hoch, 80 cm breit und 40 cm tief. Zu empfehlen ist indessen die Vorrichtung heutzutage nur bei Untersuchungen im polarisirten Licht und für einige besondere Zwecke. Sonst leistet ein handlicher Mikroskopschirm (s. w. u.) zusammen mit dem von EDWIN SMITH [1] 1868 angegebenen Kartontubus für das Objectiv (s. oben p. 480) dieselben Dienste. Nothwendig ist das Abhalten des Seitenlichtes vom Object und vom Auge übrigens, ausser bei polarisirtem Lichte, besonders dann, wenn man sehr zarte, ungefärbte Objecte, die eine enge Diaphragmenöffnung erheischen, also bei wenig hellem Gesichtsfelde zu beobachten hat. Die moderne Mikrotechnik muss es sich aber zur Aufgabe machen, die Fälle, in welchen man auf eine solche Beobachtungsweise angewiesen ist, möglichst zu reduciren; ganz beseitigen wird sie sie nicht können, weil sie die Beobachtung des lebenden oder absterbenden, mit Reagentien nicht behandelten Objectes nie entbehrlich machen wird. Nur wird man nicht mehr in die Lage kommen, schwierige histologische Probleme an ungefärbten Präparaten entscheiden zu suchen müssen, wie es ENGELMANN bei seinen feinsten Beobachtungen meist noch gethan hat. Für uns werden also die Mikroskopirschirme nicht mehr die grosse Bedeutung haben, wie für ENGELMANN sein Dunkelkasten. — J. DEBY [2]: eine hohle, planconvexe Linse mit gefärbtem Glycerin oder Nelkenöl gefüllt, für „monochromatische" Beleuchtung (p. 166).

In diesem Jahre erschien endlich noch die Schrift ABBE's [6] über ein neues stereoskopisches Ocular und über die Bedingungen der mikrostereoskopischen Beobachtung. Um zu zeigen, dass ein irgend brauchbarer stereoskopischer Effect unter dem Mikroskop nur bei ganz schwacher Vergrösserung erwartet werden kann, weil die Sehtiefe im Mikroskop nur bei

dieser eine nennenswerthe Fraction des Durchmessers des Gesichtsfeldes erreicht, werden die Bedingungen dargethan, von welchen die Sehtiefe abhängt. Unter diesen Bedingungen spielt eine nicht unwichtige Rolle die Grösse des Theiles der Apertur des Objectivsystems, welcher durch das von der Objectebene kommende dioptrische Lichtbüschel selbst ausgefüllt wird. Die Apertur des vom Object in das Mikroskop gelangenden dioptrischen Lichtkegels hängt aber, innerhalb der von der ganzen Apertur des Objectivsystems gesteckten Grenze, von der Apertur des beleuchtenden Strahlenkegels, also überhaupt von der Beleuchtung ab, und deshalb müssen wir diese Schrift von Abbe hier besprechen. Von dem genannten Factor hängt diejenige Componente der gesammten Sehtiefe, der „Penetration“ des Mikroskops, ab, welche wir seit Abbe Focaltiefe nennen. Die andere Componente, die Accommodationstiefe, ist direct proportional der Accommodationsfähigkeit des Auges des Beobachters, direct proportional dem Brechungsindex des Mediums, in welchem das Object eingeschlossen ist, und umgekehrt proportional dem Quadrate der linearen Vergrösserung. Das letztere Verhältniss kommt daher, dass die lineare Vergrösserung des Mikroskops in der Richtung der optischen Achse (die Tiefenvergrösserung) das Quadrat der linearen Vergrösserung vertical auf der optischen Achse beträgt. Unabhängig ist aber die Accommodationstiefe von der Apertur des Objectivsystems, beziehungsweise von der Grösse des mit Licht erfüllten, des dioptrisch (nicht durch Diffractionsbüschel) ausgenützten Theiles dieser Apertur. Die Focaltiefe dagegen ist umgekehrt proportional der Apertur, umgekehrt proportional der linearen Vergrösserung vertical auf der optischen Achse (der schlechthin sogenannten Vergrösserung) und direct proportional dem Brechungsindex des Mediums, in welchem das Object eingeschlossen ist. Das Mikroskop verdankt nämlich die Focaltiefe dem Umstande, dass das Auge die den einzelnen Objectpunkten conjugirten Bildpunkte nicht nur in der der eben eingestellten Objectebene genau conjugirten Bildebene deutlich wahrnimmt, wo die von der Objectebene in das Mikroskop gelangenden confocalen Strahlen wieder in einem Punkte vereinigt werden, sondern auch etwas vor und hinter der Vereinigung der Strahlen, wo dem betreffenden Objectpunkte je eine Lichtscheibe entspricht. Das Auge sieht aber die Linien des Bildes auch dann leidlich scharf, wenn sie nicht aus Punkten, sondern aus den kleinen Scheiben zusammengesetzt sind, welche man Undeutlichkeitskreise nennt. Die Focaltiefe ist also wie die Accommodationstiefe gewissermassen subjectiv, da sie von der Grösse der zulässigen Undeutlichkeitskreise abhängt. Das Maximum von diesen nimmt Abbe zu 5 Minuten angularer Grösse an. Aus den erwähnten Verhältnissen folgt, dass die Accommodationstiefe bei schwachen Vergrösserungen die Focaltiefe stark überwiegt; erstere ist z. B. bei einer 10fachen Vergrösserung, wenn das Einschlussmedium Luft und das Auge mässig kurzsichtig ist, für eine bestimmte Accommodationsfähigkeit (numerisch ausgedrückt $\frac{1}{300}$) 2·08 mm, letztere 0·073 mm. Die Accommodationstiefe nimmt aber bei zunehmender Vergrösserung viel rascher ab, als die Focaltiefe; bei einer 300fachen Vergrösserung sind sie schon ziemlich gleich, eine numerische Apertur von 0·50 angenommen 0·0023 mm zu 0·0024 mm, wobei also die gesammte Sehtiefe 4·7, kaum 5 Mikren beträgt. Bei 1000facher

Vergrösserung beträgt die Accommodationstiefe nur noch 0·21 Mikren, die Focaltiefe dagegen noch immer 0·73 Mikren, die ganze Sehtiefe 0·94, kaum 1 Mikron. Dieser Betrag wechselt aber bei derselben Vergrösserung mit der effectiven Apertur des Objectivsystems: je grösser diese ist, umso gegeringer die Sehtiefe, zu welcher die von der Apertur unabhänge Accommodationstiefe bei den stärksten Vergrösserungen in kaum nennenswerther Weise beiträgt.

Abbe hat auf die Wichtigkeit dieser Eigenschaft des mikroskopischen Sehens zuerst aufmerksam gemacht und betont, dass das Mikroskop bei starken Vergrösserungen gewissermassen zu einem optischen Mikrotom wird. Dadurch, dass man hintereinander verschiedene Ebenen des Objectes einstellt, bekommt man eine optische Schnittreihe, aus welcher man das körperliche Aussehen des Gegenstandes viel sicherer reconstruiren kann, als man darauf aus einem stereoskopischen Effect unter dem Mikroskop schliessen könnte. Je mehr man die volle Apertur eines Objectivsystems dioptrisch ausnützt, d. h. je grösser die Apertur des Beleuchtungskegels, umso dünnere optische Mikrotomschnitte bekommt man. Trotzdem Abbe die grosse Wichtigkeit der optischen Mikrotomschnitte richtig erkannt hat, verpönte er in seinen späteren Schriften, wie wir noch sehen werden, die Beleuchtung mit Strahlenkegeln von grosser Apertur noch immer, indem er darzuthun suchte, dass nur solche von verschwindend kleiner Apertur Bilder liefern, auf deren Conformität mit den thatsächlich vorhandenen Structurverhältnissen einigermassen gerechnet werden kann, sobald deren Feinheit ein Diffractionsspectrum von merklicher Winkelausbreitung hervorzurufen im Stande ist. Dadurch wurden zahlreiche Forscher dazu verleitet, auch die Präparate bei solcher Beleuchtung zu untersuchen, in welchen die zu beobachtenden Elemente einen genügenden optischen Kontrast im mikroskopischen Bilde hervorrufen, um auch ohne Mitwirkung der Diffraction deutlich wahrgenommen werden zu können (s. w. u.). Die dicken optischen Mikrotomschnitte, welche man mit Objectivsystemen von starker Vergrösserung, also auch in der Regel grosser Apertur, bei einer Beleuchtung mit einem engen Strahlenkegel bekommt, gleichen aber solchen wirklichen Mikrotomschnitten, bei welchen das schlechte Messer eine dicke Schichte oben und unten, und so den grössten Theil der Schnittdicke unbrauchbar gemacht hat. — Nach dem Obigen wird die Sehtiefe, also die Dicke des optischen Mikrotomschnittes auch durch ein Einschlussmedium von grösserem Brechungsindex vergrössert. Daraus würde folgen, dass man, um dünne optische Mikrotomschnitte zu bekommen, in Medien von möglichst geringem Brechungsindex einschliessen sollte. Eine der grössten Apertur der Objectivsysteme gleichkommende Apertur des Beleuchtungskegels kann aber nur dann erreicht werden, wenn der Brechungsindex des Einschlussmediums gleich dem des Glases, es etwa Canadabalsam ist. Durch die auf diese Weise ermöglichte Zunahme der effectiven Apertur (mit dem Abbe'schen Beleuchtungsapparat bis auf 1·40 N. A.) wird die Dicke des optischen Mikrotomschnittes beinahe um so viel herabgesetzt, wie sie durch Einschluss in Balsam (Brechungsindex etwa 1·53) vergrössert wird gegenüber dem Einschluss in Luft (Brechungsindex 1), wobei die grösste effective numerische Apertur 1 ist. Das Verhältniss ist ungefähr 1·1 zu 1. Dieser geringe Nachtheil wird indessen vielfach aufgewogen durch den Vortheil,

dass der Einschluss in Balsam die Lichtbrechungsdifferenzen im Präparat beinahe ausgleicht und so eine der wichtigsten Bedingungen des reinen Absorptionsbildes (s. oben p. 498) erfüllt, wogegen Luft unter allen gebräuchlichen histologischen Einschluss medien das ungünstigste in dieser Hinsicht ist.

Wie wir sehen, behandelt hier ABBE die Sehtiefe ganz ohne Rücksicht auf seine Theorie der secundären Abbildung. Das auf Beugung beruhende Interferenzbild, wir nennen es, wie gesagt, schlechthin Diffractionsbild, ändert sich, falls das Objectivsystem eine nicht allzu kleine Apertur besitzt, innerhalb eines eventuell sehr grossen Spielraumes mit der kleinsten Veränderung der Einstellung, also auch je nachdem das Auge auf eine höhere oder tiefere Objectivbildebene accommodirt ist. Wenn dagegen die Apertur des Objectivsystems sehr klein ist, sodass nur das ungebeugte Bündel und höchstens die davon am wenigsten abgebeugten Bündel erster Ordnung mit wirken können, so bleibt das Bild innerhalb eines grossen Spielraumes durch verschiedene Einstellung unverändert. In beiden Fällen verliert die obige Fassung des Begriffes der Focaltiefe ihren Sinn. Im ersteren Falle handelt es sich nicht um Undeutlichkeitskreise desselben Bildpunktes, sondern um ganz verschiedene Bildpunkte, welche, gleichzeitig gesehen, nur eine Confusion des ganzen Bildes verursachen können; hier giebt es also keine Focaltiefe. Im zweiten Fall giebt es keine Undeutlichkeitskreise, weil jeder Bild punkt in sehr verschiedenen Ebenen gleich bleibt; hier ist also die Focaltiefe viel grösser, als sie nach der ABBE'schen Formel sein könnte. In keinem Fall kann die Accommodationstiefe dem Objecte den Schein einer Körperlichkeit verleihen, welche etwas mit der wirklichen zu thun hätte. Das stereoskopische Sehen kann überhaupt nur dann von irgend einem Nutzen sein, wenn das Diffractionsbild keinen oder nur einen verschwindend kleinen Antheil in der Zusammensetzung des mikroskopischen Bildes hat.

1881 Das Jahr 1881 bringt uns eine Modification des im Kreisbogen beweglichen SWIFT'schen [3] Condensors, eine neue Empfehlung des KELLNER'schen Oculars als Beleuchtungsapparat in Verbindung mit einem gleichseitigen Prisma von JAMES SMITH [8], eine kleine Kalklichtlampe von BRAHAM [1] zum Mikroskopiren, eine calottenförmige Revolverscheibe zum Auswechseln der Beleuchtungsvorrichtung von WALLIS [1] und eine Reihe verschieden geformter Diaphragmen mit verschiedenen Oeffnungen, so mehrere von E. M. NELSON [5], eines von MAYALL [6] („Spiraldiaphragma"), von J. ANTHONY [2] (Schlittendiaphragma mit schräglaufenden Reihen von Oeffnungen), von E. C. BOUSFIELD [2] (Drehscheibe dicht unter dem Object!) und einen Diaphragmenring für den Vertical-Illuminator von TIGHLMANN [1]. — Im Journ. R. Micr. Soc. sind unter dem Titel „WENHAM's" ([17]) „Disk-Illuminator" zwei Methoden der Anwendung dieses Condensors abgebildet. — Ebendort befindet sich ein ausführliches Referat (von FRANK CRISP [2]) über die ABBEsche Theorie des Mikroskops mit besonderer Berücksichtigung der Aperturfrage, gleichzeitig mit ähnlichen Auseinandersetzungen von ABBE selbst [12]. Hier wird auf p. 330-332 (Figur 71-73) dargethan, weshalb bei Benutzung von Immersionsobjectiven (und Immersionscondensoren) viel mehr Licht in das Mikroskop gelangen kann, als bei Trockensystemen vom selben Oeffnungswinkel, aber geringerer numerischer Apertur, welche, wie wir schon wissen (p. 487), das Product des Sinus des halben Oeffnungswinkels

und des Brechungsindex des am wenigsten brechenden Mediums zwischen Object und Frontlinse ist[1]. Die maximale Oeffnung des effectiven Beleuchtungskegels ist bei Trockensystemen etwa 80°, weil die Lichtstrahlen, welche schiefer (bei 41°) die obere Fläche des Deckglases treffen, von hier total reflectirt werden und nicht mehr in das Objectiv gelangen können, wogegen bei Immersionssystemen der Beleuchtungskegel (einen Immersionscondensor vorausgesetzt, s. oben p. 501) dieselbe Apertur besitzen kann, wie das Objectivsystem (also einen Oeffnungswinkel von über 140°). Die Intensität der Beleuchtung hängt aber bei gleicher specifischer Lichtstärke der Lichtquelle, und wenn die Lichtstrahlen im selben Medium gegen das Object zu verlaufen, von dem Oeffnungswinkel der Lichtkegel ab, welche einerseits in den Condensor eintreten und andrerseits von diesem austreten, um in die Objectebene einzufallen. Der Oeffnungswinkel des eintretenden Lichtkegels, dessen Spitze sich in der Lichtquelle (beziehungsweise auf der Spiegelfläche) befindet, berücksichtigen weder CRISP, noch ABBE, obwohl davon die Zahl der Lichtstrahlen abhängt, welche vom Condensor überhaupt aufgenommen werden können, wie wir es oben dargethan haben. Die num. Apertur des austretenden Lichtkegels bestimmt, wie viel von den eingetretenen Lichtstrahlen zum Object gelangen. Diese Apertur bestimmt aber auch die Verschiedenheit der Richtungen, in welchen die Lichtstrahlen einen gegebenen Punkt der Objectebene schneiden, sie bestimmt daher auch den Charakter des mikroskopischen Bildes. Also werden die Bedingungen des reinen Absorptionsbildes, bei welchem sich jeder Punkt des durchsichtigen Objectes wie selbstleuchtend verhält, durch die Immersionssysteme viel mehr als durch Trockensysteme erfüllt. —

A. TSCHIRSCH [1]: Vorrichtung zur Untersuchung verschiedener Lichtqualitäten auf Organismen („photochemisches Mikroskop"). — R. ALTMANN [7]: farbige Gläser zwischen Spiegel und Object. — F. KITTON [1] will die Benutzung der Schusterkugel zur Beleuchtung beim Mikroskopiren wieder auffrischen. Er glaubt, sie sei aus dem Gebrauch gekommen. Wie wir sahen, hat sie schon HOOKE [1] 1665 benützt und sie ist, in Deutschland wenigstens, beständig in Gebrauch geblieben, und zwar wurde sie, wie KITTON vorschlägt, seit jeher mit einer dünnen Kupfersulfatlösung gefüllt (15 : 600 nach KITTON). — E. VAN ERMENGEM [3] illustrirt die Vortheile des Vertical-Illuminators bei trocken eingelegten histologischen Objecten (Ausstrichpräparaten u. dergl. auf dem Deckglase).

1882 M. FLESCH [4] tritt gegen die vielen complicirten Beleuchtungsapparate, die immer wieder empfohlen werden, auf; diese sind bei histologischen Untersuchungen ganz überflüssig, dagegen sehr nützlich die gefärbten Glasscheiben, die man in den Diaphragmenträger des ABBE'schen Condensors legt. — BAUSCH & LOMB [1] führen einen Immersionscondensor von einer

1) Wenn sich z. B. zwischen dem Object und der Frontlinse eine Schichte Luft (etwa unter dem Deckglas), die Glasschichte und eine Schichte Immersionsöl befindet, so hängt die effective numerische Apertur vom Brechungsindex der Luft ab. Dieser ist gleich 1, also die N. A. gleich dem Sinus des halben Oeffnungswinkels.

grösseren Apertur als 1·40 ein, und BAUSCH [1] construirt ein Paraboloid für mehrerlei Zwecke. — Die Firma BECK [2] modificirt ihren Revolver-Condensor so, dass er auch als Immersionscondensor zu gebrauchen ist. — E. GUNDLACH [1] sucht darzuthun, dass es bei einem Condensor, welcher nach dem ABBE'schen Typus construirt ist, nicht recht möglich wäre, die Apertur über 1·40 N. A. zu steigern, ausser man würde dem Apparat ganz riesige Dimensionen geben (Hinterlinse — Frontlinse d. Autoren — von 3·98″, p. 87). Deshalb muss man, glaubt er, nach anderen Mitteln suchen, um schiefere Beleuchtung, als welche mit den gegenwärtigen Condensoren zu erreichen ist, zu bekommen. Dafür schlägt er ein Kugelsegment mit concaver unterer Fläche vor, dessen obere plane Fläche in Oelcontact mit dem Objectträger ist oder auch selbst als Objectträger dienen kann (p. 87). Er trägt die alte Idee WENHAM's, das Object zweiseitig, symmetrisch schräg zu beleuchten, als neu vor. In Wirklichkeit liegt das Bedürfniss eines Condensors von noch grösserer Apertur für die Zwecke, für welche man ihn construiren wollte, nicht vor, denn es giebt keine Probeobjecte, deren Zeichnung nicht schon mit den vorhandenen Condensoren leicht sichtbar zu machen wäre, ausser etwa die die einzelnen Perlen von *Amphipleura* pellucida von einander trennenden Längslinien. Wenn diese oft nur sehr schwer sichtbar zu machen sind, so ist daran auch nicht die ungenügende Schiefe der Beleuchtung die Schuld, sondern die Beschaffenheit der Zwischenräume, welche die Perlen in den einzelnen Querreihen von einander trennen. Diese sind nicht nur ausserordentlich schmal (was ja nach der Diffractionstheorie nichts ausmachen würde), sondern sie stehen auch nicht genau vertical auf der Panzeroberfläche (beziehungsweise auf dem Gesichtsfelde), so dass die Bedingungen der Entstehung von Diffractionsspectren in dieser Richtung nicht immer vorhanden sind. Nothwendig wäre eine grössere Apertur des Beleuchtungskegels für die Entstehung von reinen Absorptionsbildern in schwierigen Fällen, wenn es auch praktisch brauchbare Objectivsysteme von grösserer Apertur als 1·40 N. A. gäbe. — E. PENNOCK [1] modificirt etwas MAYALL's Spiraldiaphragma, R. HITCHCOCK [8] glaubt Neues vorzuschlagen, indem er das kleine Prisma statt des Spiegels im Vertical-Illuminator empfiehlt. — HENRI VAN HEURCK [9] beschreibt die Art und Weise, wie er kleine elektrische Glühlampen als Lichtquelle für das Mikroskop benützt. Er hält sie für die empfehlenswertheste Lichtquelle. Mit dieser Publication VAN HEURCK's beginnt eine lange Discussion über die Verwendung der elektrischen Glühlampen pro und contra nebst einem Prioritätsstreite. — BROWNING [2]: ein kleiner am Mikroskop anzubringender Heliostat. — C. V. BOYS [1] empfiehlt statt der gewöhnlichen Concavspiegel Sammellinsen, deren eine Seite versilbert ist. Ein Vortheil von solchen ist, dass sie keine doppelten Bilder geben, wie die gewöhnlichen versilberten Glasspiegel. — R. DAYTON [1] combinirt in einem überflüssigen Instrumentchen den WENHAM'schen „disk-illuminator“ mit dem „WOODWARD'schen“ Prisma, wobei der erstere nicht mehr seinen eigentlichen Zweck erreicht. — In der zweiten Auflage des DIPPEL'schen [1] Handbuches, von welchem zwei Abtheilungen 1882 erschienen sind, werden die Beleuchtungsapparate auf p. 267-271 und 599-604 besprochen, aber nur wenige aufgezählt, nämlich ausser den Spiegeln, den Beleuchtungslinsen für auffallendes Licht und den

verschiedenen Diaphragmen (unter welchen die Irisdiaphragmen nicht erwähnt sind), der ABBE'sche (mit dem alten Condensor aus zwei Linsen und mit dem späteren von 1·40 N. A. aus drei Linsen p. 274-276, Figur 174), der WOLLASTON'sche, der DUJARDIN'sche, das NACHET'sche Prisma für schiefe Beleuchtung, WENHAM's „disk-illuminator", HARTNACK's Beleuchtungsapparat für homogenes farbiges Licht, BECK's „vertical-illuminator" (nebst Condensor, Erwähnung einiger Modificationen) und der LIEBERKÜHN'sche Spiegel. Also sehen wir unter den im Ganzen 8 beschriebenen Vorrichtungen 3 solche, welche nur historisches Interesse haben. Der WOLLASTON'sche Beleuchtungsapparat und eine halbkugelige Linse, welche später mit den kleinen englischen Stativen geliefert wurde, ist nicht dasselbe, wie man nach DIPPEL (p. 600) glauben könnte. Der HARTNACK'sche Apparat (p. 603-604, Figur 411) besteht aus einem Spectralapparat mit zwei Prismen, welcher das Spectrum oder einzelne Theile desselben in die Objectebene projicirt und bei grösseren Stativen in der Vorrichtung für die Cylinderblenden anzubringen ist. — W. SEIBERT [1] sucht auf Anregung von TÖPLER dessen Schlierenapparat beim Mikroskop anzuwenden, nachdem TÖPLER bereits 1864 (s. w. o. p. 475) auf diese Anwendung hingewiesen hat. Der neue Apparat soll bei schwachen Vergrösserungen sehr gut functionirt haben. Wie erwähnt, bietet die Dunkelfeldbeleuchtung dasselbe.

1883

In der 1883 erschienenen dritten Abtheilung des DIPPEL'schen Handbuches ist p. 826-839 die praktische Verwendung der Beleuchtungsapparate besprochen, und zwar ganz von dem Standpunkte der ABBE'schen Theorie, ziemlich einseitig, oft im Gegensatz zu den Erfahrungen der praktischen Mikrographie. Zunächst wird die Verwendung des die volle Objectivöffnung ausfüllenden Beleuchtungskegels verpönt, obwohl zugestanden wird, dass sie „in einzelnen Fällen" von Bedeutung sein kann (p. 835). „Würde man", heisst es p. 833 im Sinne von ABBE, „einen breiten, einen grösseren Theil oder den ganzen Raum der Objectivöffnung ausfüllenden, also die centrale, wie verschiedengradige, bis zur äusserst schiefen reichende excentrische Beleuchtung in sich vereinigenden Beleuchtungskegel verwenden, so würde das mikroskopische Bild eine Mischung (Uebereinanderlagerung) vorstellen aus dem vollständigen Bilde, welches die centralen Strahlen möglicherweise, d. h. bei genügend grosser numerischer Apertur im Vergleich zu den Ausmaassen der Objectstructur, ergeben, und den vielen mehr oder minder unvollständigen Bildern, welche die schiefen Strahlen gleichzeitig entwerfen werden, und könnte demgemäss im Allgemeinen weniger genau der wirklichen Beschaffenheit des Objectes entsprechen." Nach der Theorie von ABBE [2] könnte nämlich von einem nicht selbstleuchtenden Gegenstand, wie wir sahen, nur dann ein auf jeden Fall objectähnliches Bild entstehen, wenn nebst dem ungebeugten Strahlenbüschel auch sämmtliche Beugungsbüschel von nennenswerther Lichtintensität, also das gesammte Beugungsspectrum, in die Objectivöffnung hineingingen; ist diese Bedingung nicht erfüllt, so kann das Bild ebenso gut nicht conform, als auch conform der Objectstructur sein, allgemein ist es aber nicht conform. Der obige Standpunkt in Betreff der Beleuchtung wäre indessen, wie wir es in Uebereinstimmung mit E. M. NELSON [1] noch zeigen werden, nicht einmal dann richtig, wenn feinere Structurverhältnisse wirklich nur auf Grund der Diffraction abge-

bildet werden könnten und wenn ein mit einem Beleuchtungskegel von grosser Apertur erzeugtes Bild wirklich eine Superposition von mehreren Diffractionsbildern wäre. In der That verhält sich, wie auf p. 517-518 dargethan, jeder Punkt der Objectebene auch unter dem Mikroskop wie selbstleuchtend, wenn davon gleich intensive Lichtstrahlen nach allen Radien einer dem Objectiv zugekehrten Hemisphäre ausgehen, und das Mikroskop würde jeden Punkt der Objectebene für sich wie einen selbstleuchtenden, nach dioptrischen Gesetzen, conform abbilden, wenn das Objectivsystem davon Lichtstrahlen aus allen Radien jener Hemisphäre empfangen könnte, und zwar würde es sie so abbilden unbekümmert darum, ob die einzelnen Lichtstrahlen bei ihrem Durchgang durch das Object eine Diffraction erleiden oder nicht. Das so entstandene Bild wäre das reine Absorptionsbild; ob aber die einzelnen Elemente des Bildes für unser Auge zu unterscheiden sind, hinge davon ab, ob sie von ihrer Umgebung genügend kontrastiren, und ob ihre angulare Entfernung von ihren Nachbarelementen, von welchen sie unterschieden werden sollen, den geringsten Sehwinkel des Beobachters übertrifft. Je grösser nun die Apertur des Beleuchtungskegels, umso mehr nähert man sich dieser einen Bedingung dieses reinen Absorptionsbildes, welches nach dioptrischen Gesetzen entsteht, also wirklich objectähnlich ist. Die etwa gleichzeitig entstehenden Diffractionsbilder, welche den einzelnen Elementarbüscheln, die den Beleuchtungskegel von grösster Apertur zusammensetzen, entsprechen, existiren für das beobachtende Auge nicht, weil das Licht in dem Oeffnungsbilde des Objectivs nicht ungleichmässig vertheilt ist, sondern das ganze Oeffnungsbild von Helligkeitsmaximis gleichmässig erfüllt ist. Also können unvollständige, objectunähnliche Bilder das objectähnliche Absorptionsbild nicht fälschen.

Eine gewisse Berechtigung der schiefen Beleuchtung giebt Dippel nur auf Grund ihrer von Abbe entdeckten Eigenschaft zu, dass sie bei sehr grosser Ablenkung des ersten Diffractionsbüschels vom ungebeugten Lichtbüschel doch den Eintritt von beiden gleichzeitig in das Objectiv ermöglicht, daher Diffractionszeichen von Objectstructuren erkennen lässt, deren Vorhandensein sonst nicht wahrgenommen werden könnte. Davon abgesehen gewährt sie nach Dippel (p. 836) eher Nachtheile als Vortheile. Die Erzeugung von Schatten soll bei der schiefen Beleuchtung keine Rolle spielen. Und sie spielt auch in der That keine Rolle, wenn es sich um dicht gelagerte Structurelemente handelt, welche überhaupt keine Schatten werfen und unter den gegebenen Verhältnissen nur infolge der von ihnen verursachten Diffraction wahrgenommen werden können. Aber die schiefe Beleuchtung giebt uns auch sonst wichtige Aufschlüsse über die Beschaffenheit des Objectes gerade dadurch, dass dieses bei verschiedener Richtung des Lichtkegels verschieden vertheilte dunkle Linien und Punkte oder helle, ja auffällig glänzende Stellen aufweist. Die verschieden gerichtete schiefe Beleuchtung ist in allen Fällen zu versuchen, wo man auch auf Refractionsbilder angewiesen ist oder überhaupt nur solche erhalten kann, wie z. B. oft bei der Untersuchung des lebenden, wenigstens unbehandelten oder nicht tingirbaren Objectes. Bei der Beobachtung von Absorptionsbildern ist natürlich jede schiefe Beleuchtung zu verwerfen; zu verwerfen ist aber

dann auch die centrale axiale Beleuchtung mit engen Strahlenkegeln, welcher DIPPEL das Wort redet. Diese Grundsätze habe ich in zwei Arbeiten (APÁTHY [9] und [9a] 1893 bez. 1894) ausführlich auseinandergesetzt, deren später noch gedacht werden soll.

Hier mögen auch die Rathschläge erwähnt werden, welche sich bei DIPPEL auf die Schonung des Auges beim Mikroskopiren beziehen (p. 748-752). Sehr zu billigen ist der Rath, dass man das Zimmer nie ganz verdunkele und nicht nur auf den Mikroskopspiegel Licht fallen lasse. Der fortwährende Wechsel der Accommodation der Iris und die Veränderungen des Lichtreizes, welcher die Retina beim Hineinblicken in das Mikroskop und in das dunkle Zimmer trifft, ermüden viel zu sehr und stumpfen das Sehvermögen ab. Empfohlen wird dagegen der Dunkelkasten von FLOEGEL. J. H. L. FLOEGEL [4], welcher einen solchen schon vor 14 Jahren angegeben hat, beschrieb ihn 1883 von Neuem. Der Kasten ist 60-80 cm breit, 20-25 cm tief und verschieden hoch je nach der Höhe des benutzten Stativs. In seinem oberen Theile ist er nach vorne ausgebaucht, damit der Kopf des Beobachters Platz hat, weil das Mikroskop hart an die Vorderwand geschoben werden soll. Hinten ist der Kasten ganz offen; in der Mitte des unteren Randes der vorderen Wand befindet sich ein so hoher und so breiter viereckiger Einschnitt, wie der Objecttisch des Mikroskops. Da auf diese Weise auch von hinten Licht in den Kasten kommt, so ist der Gegensatz zwischen der Umgebung und dem Gesichtsfelde nicht so gross, als wenn das Zimmer ganz verdunkelt ist. Man könnte aber das Zimmer ebenso gut auch weniger verdunkeln, und dann wäre kein Dunkelkasten nöthig. Nöthig kann ein solcher deshalb werden, weil man im übrigen Zimmer mehr Licht braucht, um auch anderes darin machen zu können, als nur mikroskopiren, noch eher aber dann, wenn man bei directem Sonnenlicht mikroskopirt und keinen Heliostaten besitzt. Für gewöhnlich ist alles dergleichen überflüssig. Einerlei ist es auch, ob man das nicht beobachtende Auge offen hält oder zumacht. Ich mikroskopire meist mit dem rechten Auge und halte das linke offen. Wird das nicht beobachtende Auge eventuell geblendet, so steckt man einfach ein Stückchen schwarzes Kartonpapier links auf das obere Ende des Mikroskoptubus. Auch complicirtere Augenschoner und Beschatter für das Object (gleichzeitig auch Athenschirme, s. PAULUS SCHIEMENZ [2] 1889) kann sich aus Kartonpapier jedermann selbst verfertigen wie es ihm gerade passt; besondere Vorschriften sind dazu nicht nöthig.

In diesem Jahre und noch mehrere Jahre hindurch wurde das Interesse der Mikrographen in Betreff der Beleuchtung hauptsächlich durch die, wie wir sahen, von VAN HEURCK [9] 1882 in die Mikroskopie eingeführten elektrischen Glühlampen in Anspruch genommen. VAN HEURCK hält sie für die Beleuchtung par excellence des Mikrographen[1]. Mit ABBE, den VAN HEURCK darüber befragte, sieht er die Vorzüge dieser Beleuchtung darin begründet (p. 254 in VAN HEURCK [9a]), dass das elektrische Licht erstens sehr viele

---

[1]) Er sagt (in [9a] p. 244): „Mais les expériences que nous fîmes durant les derniers mois de l'année 1881, nous montrèrent que la lumière électrique, par incandescence, réalise l'éclairage par excellence que peut demander le micrographe.“

Strahlen von kurzer Wellenlänge enthält, wodurch es das Auflösungsvermögen des Mikroskops erhöht, und dass es zweitens eine sehr grosse specifische Intensität besitzt, weshalb viel engere Lichtbüschel als von den anderen künstlichen Lichtarten oder vom diffusen Tageslicht genügen; dadurch ist eine schiefere Beleuchtung ermöglicht und wieder das Auflösungsvermögen erhöht. — C. H. STEARN [1], dessen sehr kleine Glühlampen vor ihm schon VAN HEURCK für das Mikroskop benützte, fügt diesen Vortheilen noch den einer Einrichtung, von allerdings etwas problematischer Bequemlichkeit, hinzu, bei welcher die Lampen so zu sagen zu integrirenden Bestandtheilen des Mikroskops werden. Eine kleine Lampe von 1-2½ Kerzen Lichtstärke befestigt er mit einem complicirten Gelenk am unteren Ende des Mikroskoptubus auf einem herumdrehbaren Ring für auffallendes Licht, und eine andere ebensolche unter dem Objecttisch für durchfallendes. Eine dritte, grössere Lampe für polarisirtes Licht ist unten tiefer angebracht. Der Spiegel fällt natürlich weg; nicht einmal für schiefe Beleuchtung braucht man einen Condensor, da die beinahe punktförmige Lichtquelle excentrisch bis an den Objectträger gebracht werden kann. — Ein elektrotechnisch ausgerüstetes Mikroskop beschreibt 1883 auch TH. STEIN [4]. — Für elektrisches Glühlicht treten in diesem Jahre noch B. HOBSON [1] und TH. W. ENGELMANN [6] ein. — C. VON VOIT [1] (aus dem officiellen Bericht der intern. Elektricitäts-Ausstellung zu München 1882) prüfte die Verwendbarkeit des elektrischen Lichtes überhaupt für mikroskopische Arbeiten in Gemeinschaft mit KÜHNE, KUPFFER, RÜDINGER und BOLLINGER. Stets musste das Licht, um brauchbar zu sein, durch matte Gläser zerstreut werden. Elektrisches Bogenlicht wurde dem directen Sonnenlicht überlegen gefunden, nur musste geöltes Papier oben auf den ABBE'schen Condensor gelegt und die engste Diaphragmenöffnung benutzt werden. Die so erhaltenen Bilder von Mundepithelien und Schleimkörpern (also Refractionsbilder) werden ausserordentlich gerühmt, obwohl es richtiger gewesen wäre, das geölte Papier in diesem Falle tiefer unten, in dem Diaphragmenträger anzubringen (s. oben p. 460). „Einige intensivere Pigmente erschienen dagegen erheblich verändert: am Tage gesättigt blaue Imbibitionen“, — heisst es p. 206 — „mit Indigocarmin, Borax und Oxalsäure hergestellt, sahen bei jeder Art elektrischer Beleuchtung schmutzig röthlich violett aus, während mit Anilinblau gefärbte Objecte intensiver blau, in dicken Schichten schwärzlich blau, alle mit Indigo und Pikrinsäure grün gefärbten in entschieden gesättigterem Grün erschienen“. Eine ähnliche Veränderung der Tinctionsfarben finde ich bei AUER'schem Glühlicht nicht. — G. E. DAVIS [8] meint, dass das elektrische Glühlicht unter Umständen zwar ganz gut sein kann, doch darf man seine Vortheile nicht überschätzen; gewiss ist seine Anwendung umständlicher als die der Petroleumlampen. — Meiner Ansicht nach ist das elektrische Bogenlicht als Ersatz des directen Sonnenlichts in allen Fällen, wo man sonst auf dieses angewiesen wäre, sehr werthvoll; dem elektrischen Glühlicht ziehe ich aber sogar eine gute Petroleumlampe stets vor. Alle seine Vorzüge machen es nur zum Auflösen von schwierigen Probeobjecten geeignet, wo es sich um die Entstehung von Diffractionsbildern handelt; ein Diatomologe, wie VAN HEURCK, und manche englische Dilettanten, welche nur Testobjecte beobachten, mögen sich dafür mit Recht begeistert haben,

von ernstlich arbeitenden Histologen, die keine Diffractionsbilder und nicht nur Refractionsbilder untersuchten, wundert es mich aber. Ich stimme darin mit E. M. NELSON [8] (s. w. u.) vollkommen überein, dass ich die elektrischen Glühlampen für keinen Gewinn unserer Mikrotechnik halte. Abgesehen davon, dass ihre Verwendung theuer und umständlich ist, gehen sie, wenn sie mit ihrer vollen Lichtstärke glühen, sehr rasch zu Grunde, und 1-2½ Kerzen starke Lichtquellen von so geringer Flächenausdehnung, wie die STEARN'schen Lampen, deren Licht durch eingeschaltete matte Scheiben diffus gemacht werden muss, um das Gesichtsfeld gleichmässig auszufüllen, genügen bei etwas stärkeren Vergrösserungen zum Erzeugen von reinen Absorptionsbildern nicht mehr. Bei dieser Intensität ist das Licht der Glühlampen nicht einmal weisser als das Petroleumlicht. — Es ist also keineswegs ein Anachronismus, wenn sich manche 1883 noch immer um die Verbesserung der Petroleumlampen bemühen. Eine leider nicht bessere und nur wenig „neue" Petroleumlampe für Mikroskopie von ROB. RÜHE beschreibt E. HANAUSEK [1], eine Gaslampe J. D. HARDY [5].

W. PFITZNER [2] empfiehlt zur Tinctionsfarbe complementäres monochromatisches Licht. Besser ist eine wirklich isolirende intensive Tinction der Elemente, auf deren Beobachtung es ankommt, bei Beleuchtung mit Strahlenkegeln von grösster Apertur. — Das Chromatoscope von J. D. HARDY [4] ist eine dünne Glasscheibe mit drei verschieden grossen Stücken von gefärbtem Glase beklebt (blau, das grösste Stück, roth und grün, das kleinste), welche in einem kurzen Tubus unter einer Linse für Dunkelfeldbeleuchtung drehbar angebracht ist. Zwischen den gefärbten Glasstückchen ist noch Raum zum Durchtritt des unveränderten Lampenlichtes (gelb, die vierte Hauptfarbe). Je nach der Richtung der Lichtstrahlen wird das Object in verschiedener Farbe auf gelbem oder dunklem Untergrunde erscheinen. Denselben Zweck, den nicht tingirbaren Gegenstand doch durch contrastirende Färbung auffälliger zu machen, suchte später J. RHEINBERG [1] 1896 (s. w. u.) durch verschieden gefärbte concentrische Blenden zu erreichen. — R. B. TOLLES [6]: eine überflüssige Beleuchtungsvorrichtung für einseitig auffallendes Licht. Ein Stückchen einer planconvexen Linse concentrirt das Licht auf die obere Fläche eines kleinen, von der Seite unter das Objectiv von 1″ Brennweite geschobenes Prisma, welche das Licht auf das Object reflectirt. — In einem Artikel „German „Cylinder-Diaphragms" and Condensers" (s. diesen Titel in der Litteraturliste) werden im Journ. R. Micr. Soc. die einfachen deutschen Beleuchtungsvorrichtungen als nachzuahmende Beispiele geschildert. — Der einfachste Condensor, den man sich nur denken kann, ist der von ED. RINDFLEISCH [2] empfohlene: ein hängender Tropfen Wasser (wohl noch besser Glycerin oder Nelkenöl) auf der Unterseite des Objectträgers[1]. — Unter dem Titel „WENHAM's Reflex Illuminator" sind im Journ. R. Micr. Soc. nicht besonders günstige Bemerkungen von J. SWIFT ([4] p. 50-52) mitgetheilt über diesen Apparat. Darauf hin referirt JUNG (Darmstadt) in der Zeit. Wiss

---

[1]) In der aus dem pathologischen Cursus von RINDFLEISCH (s. diesen [2]) reproducirten Anweisung zur Darstellung der Tuberkelbacillen im Sputum heisst es, dass man die Bacillen mit der stärksten Vergrösserung sucht,

Mikr. (1. Bd. 1884 p. 432) über den alten WENHAM'schen Reflex-Illuminator, als ob er ein neues Instrument wäre, und beschreibt ihn wie einen Vertical-Illuminator, obwohl er keineswegs für auffallendes Licht bestimmt war. — W. PREYER's [1] Embryoskop ist eine Art Durchleuchter zur Beobachtung embryonaler Bewegungen im Vogelei, in einer Ausführung, dass nur das durch das Ei gegangene Licht zu dem Auge des Beobachters gelangen kann.

1884 Auch das Jahr 1884 bringt eine ganze Reihe von Modificationen des Condensors. W. BEHRENS [7] beschreibt die WINKEL'schen Verbesserungen der mechanischen Einrichtung des ABBE'schen Beleuchtungsapparates: der Condensor ist durch Zahn und Trieb in einer Schwalbenschwanzführung auf der verticalen Säule des Stativs zu heben und zu senken; zwei Linsensysteme für starke und schwache Vergrösserungen und ein Cylinder für gewöhnliche Blenden, auf Schlitten montirt, bewegen sich in einer Leistenführung des Trägers des Beleuchtungsapparates und sind nach Senkung des Apparates gegen einander auszuwechseln (wie schon bei OBERHÄUSER die Diaphragmen, s. w. o. p. 440); der sonstige Blendenapparat unter dem Condensor ist geblieben, wie er war. Bei der Modification von C. REICHERT [1] ist der Condensor, auf einer in der linken Ecke des Objecttisches unten angebrachten Schraubensäule befestigt, zu senken und bei Seite zu schlagen; die Diaphragmen trägt ein Schieber. Der einfache Condensor von E. BAUSCH [2] hat einen nur bei Seite zu schlagenden ringförmigen Blendenträger; der von BECK [8] hat zwei Drehscheiben über einander; die untere trägt verschieden weite Oeffnungen, die obere ein leeres und drei mit verschieden dunklem blauem Glase gefüllte Fenster. In dem katadioptrischen Beleuchter von G. C. WALLICH [1] ist ein stumpfer Glaskegel mit zwei planconvexen Linsen combinirt; die Diaphragmenöffnung befindet sich in einer bei Seite zu schlagenden Klappe. Merkwürdiger Weise finden wir aber noch nirgends das Irisdiaphragma, obwohl schon längst brauchbare Formen davon vorlagen (s. o. p. 479, die von J. H. BROWN [1] aus 1867). Noch merkwürdiger ist es, dass sie, drei Jahre später, 1887 von einer deutschen Werkstätte (C. ZEISS, s. w. u.) als neu eingeführt werden konnte. — R. L. MADDOX [1] schlägt das KELLNER'sche Ocular in Verbindung mit einer kleinen Sammellinse als Ersatz von theureren Condensoren vor. Wenn man aber keine grosse Ansprüche hat, und es besonders auf die Billigkeit ankommt, so thut es die kleine planconvexe Linse für sich in der schon oft erwähnten Weise. — Der im Princip schon sehr alte Immersions-Illuminator von W. LIGHTON [2] besteht aus einem unten versilberten Stückchen Spiegelglas, welches mit Oel auf die untere Seite des Objectträgers geklebt wird. Das in schiefer Richtung von oben kommende Licht wird von der versilberten Fläche nach oben reflectirt und gelangt durch das Object ins Mikroskop. — Der „Diatomescope“ von S. G. OSBORNE [4] ist der aufgewärmte „Exhibitor“ (s. o. p. 493). — W. F.

---

wobei man jede Blendung wegnimmt. „Durch Anhängen eines Tropfen Wassers auf der Unterfläche des Objectträgers kann man einen Extra-Beleuchtungsapparat construiren; doch ist dies unnöthig.“ (Berliner klinische Wochenschrift, 20. Jahrg. 1883, p. 183.) Also wussten damals noch nicht einmal die Bacteriologen alle den „ABBE“ gehörig zu würdigen.

will statt des Diatomescopes einen modificirten WENHAM'schen Disk-Illuminator benützen. — A. S. MOORE [1] will die alte WENHAM'sche Combination des Paraboloids mit einer unten auf den Objectträger geklebten nahezu hemisphärischen Linse (s. o. p. 449 und 458) neu erfunden haben. — Unter dem Titel „Paraboloid for Rotating Illumination in Azimuth" ist im Journ. R. Micr. Soc. eine Vorrichtung beschrieben, welche aus einem kleinen rhombischen Prisma unter dem Paraboloid, zwischen zwei drehbaren Scheiben in der Mitte angebracht, besteht. Das Prisma reflectirt die mit der Achse parallelen Strahlen zweimal und lenkt sie so wieder parallel mit der Achse, aber seitlich von der Achse auf die reflectirende Fläche des Paraboloids. — MAX FLESCH [5] und [6] und TH. STEIN [5] besprechen die Verwendung des elektrischen Lichtes in der Mikroskopie, sagen aber nichts wesentlich Neues. STEIN empfiehlt eine auch von FLESCH [6] p. 568 missbilligte recht schwerfällige elektrische Ausrüstung des Mikroskops (Figur 2 auf p. 164) und behandelt den Gegenstand so, als ob er zuerst das elektrische Glühlicht in die Mikroskopie einführte, ohne VAN HEURCK überhaupt zu erwähnen. Dagegen protestirt VAN HEURCK [11] und [11a] mit Recht. — VAN HEURCK [6] will die Vorzüge des elektrischen Glühlichtes durch seine damit gemachte Entdeckung der Perlen von *Amphipleura* pellucida illustriren. E. VAN ERMENGEM [4] findet aber die damit photographisch dargestellte Perlstructur nicht besonders überzeugend. Eine wirklich gute Auflösung der Perlen bekamen VAN HEURCK und andere etwas später in der That nicht mit diesem Lichte, sondern mit directem Sonnenlichte. —

E. M. NELSON [8] ist, wie gesagt, vom elektrischen Glühlicht auch nicht sehr erbaut, obwohl er der Ansicht ist, dass man die besten, zuverlässigsten Bilder „a really critical image" nur bei künstlicher Beleuchtung mit Condensor bekommen kann. Er findet Tageslicht sogar ermüdender und benützt lediglich Petroleumlampen. Es soll ein möglichst genaues Bild der Lichtquelle in der Objectebene entstehen, und das Object soll das Bild der Lichtquelle unterbrechen. Von den Glühlampen bekommt man auf diese Weise nur das Bild des Kohlenfadens, und darin ist das Object nicht zu beobachten; und senkt man den Condensor, damit sich das Bild mehr ausbreitet, so genügt die Lichtintensität nicht mehr. Nach meiner Erfahrung soll das Bild der Lichtquelle nicht in die Objectebene, sondern genau in die vordere Oeffnung des Objectivs projicirt werden; bei genauer Einstellung des Objectes darf also das Bild der Lichtquelle mit einem Objectiv von nicht allzu grosser Sehtiefe nicht gleichzeitig gesehen werden. Doch hierüber weiter unten! Eine Consequenz der Ansichten NELSON's ist, dass man aplanatische Condensoren benütze, worin wir ihm gerne beistimmen. Paraboloide für Dunkelfeldbeleuchtung verpönt er und empfiehlt die Sternblenden in Verbindung mit dem Condensor. Ebenso verpönt E. M. NELSON allerlei besondere Vorrichtungen für schiefe Beleuchtung (oblique illuminators), weil sie falsche Bilder geben. Sie lassen z. B. die Punktreihen der Diatomeen in Form von Streifungen erscheinen. Auf diese Gefahr der schiefen Beleuchtung hat aber, wie wir sahen (oben p. 448), schon WENHAM [2] 1850 aufmerksam gemacht, und wir betonten, dass sie nur durch eine allseitige schiefe Beleuchtung umgangen werden kann. Diese Gefahr, dass das mikroskopische Bild der Objectstructur nicht conform ist, ist jedoch in allen

Fällen vorhanden, in welchen das mikroskopische Bild auf Interferenz von ungebeugten und gebeugten Strahlen beruht. Mit demselben Rechte können wir die Beleuchtung mit engen Strahlenkegeln überhaupt verurtheilen, was später in der That auch NELSON gethan hat ([1] s. w. u.). — H. VAN HEURCK [11] vertheidigt die Beleuchtungsapparate für schiefes Licht, weil sie auch Leute, die keine Objective und Condensoren von grosser Apertur zur Verfügung haben, in die Lage versetzt, schwierige Probeobjecte auflösen zu können. Sie sind also auch nach VAN HEURCK nur ein Nothbehelf und werden durch Objective und Condensoren von grosser Apertur überflüssig gemacht. Für einen Nothbehelf halten wir aber auch die Beleuchtung mit engen Beleuchtungskegeln überhaupt, zu welchem wir durch die Beschaffenheit gewisser Präparate, die wir nicht anders machen können, gezwungen werden. Und die Lösung von Probeobjecten ist eine Aufgabe von sehr untergeordnetem wissenschaftlichem Werth, welche nur zu viel Arbeitskraft für sich in Anspruch genommen hat. Einen wichtigeren Umstand zu Gunsten der schiefen Beleuchtung, welcher allerdings nicht für die besonderen Apparate, nur für schiefes Licht überhaupt spricht, zieht ein anderer Gegner NELSON's, „F. R. M. S.", herbei, dass durch sie das Minimum des mit dem Mikroskop Sichtbaren („the minimum visible") der Beobachtung zugänglich wird. Die Sache verhält sich indessen in Wirklichkeit, wie schon betont, so, dass es gewisse Structurverhältnisse geben kann (scheinbare Streifungen dergl.), von deren Vorhandensein wir nur mit der schiefsten Beleuchtung eine Andeutung bekommen, weil sie sich, in Ermangelung einer gehörigen Differenzirung der Structurelemente, nur in Folge der Diffraction der das Object passirenden Lichtstrahlen verrathen, und bei äusserst starker Beugung nur dann der erste gebeugte Strahlenbüschel sammt dem ungebeugten Büschel in die Objectivapertur hineingeht, wenn der letztere den maximalen Winkel mit der optischen Achse bildet. Ganz anders ist es mit den Elementen, welche wir stark genug differenziren, optisch isoliren können. Solche Dinge, z. B. feinste Fibrillen, können viel dünner sein, als die Entfernung der Streifen oder Punktreihen unserer schwierigsten Probeobjecte (die in der 19. Gruppe der NOBERT'schen Probeplatte, die die Querstreifen von *Amphipleura* pellucida bildenden Punkte, d. h. die Entfernung der scheinbaren Längsstreifen), und doch sehen wir sie dann am deutlichsten, wenn wir einen vollen Beleuchtungskegel von grösster Apertur benützen. Diese Beleuchtung darf man aber, wenn auch im Strahlenkegel Strahlen enthalten sind, die einen grossen Winkel mit der optischen Achse bilden, keine schiefe nennen. Das, was allseitig gleich ausgebildet ist, ist nicht schief. Ich glaube auch nicht, dass jene schief einfallenden Strahlen hier in derselben Weise wirken, wie in einem engen Strahlenbüschel von schiefem Einfall (s. oben p. 511 u. f.) Jedenfalls sind die kleinsten Dinge, welche uns das Mikroskop bis jetzt enthüllt hat, auf diese Weise am besten sichtbar. So kann ich (schwarz oder blau tingirte) Neurofibrillen von 0·1, ja sogar 0·05 μ Dicke mit Leichtigkeit verfolgen, wie ich es bereits erwähnt habe. Der Abstand der Streifen der 19. Gruppe der neuesten NOBERT'schen Platte beträgt nach NÄGELI und SCHWENDENER [2] p. 139-140, welche die von NOBERT angegebenen Werthe in Mikren umgerechnet haben, 0·226 μ, die Abstände zwischen der Mitte der Linien gemessen (s. auch bei W. BEHRENS [1b] p. 54);

wie dick die Linien selbst sind, können wir nicht wissen, da die sichtbare Streifung ein Diffractionsphaenomen, ein Interferenzbild niedrigster Ordnung ist, welches die Dicke der Linien und die sie von einander trennenden Zwischenräume gleich gross erscheinen liesse, wenn sie auch in Wirklichkeit noch so verschieden wären. Die Behauptung von „F. R. M. S.“, dass also die Linien selbst halb so dick seien (1/2 24000" = 0·11 μ), wie die angegebenen Abstände, ist demnach nicht begründet. Die von mir entdeckten feinsten Neurofibrillen sind die dünnsten bis jetzt gemessenen Gegenstände, das „minimum visible“. (S. APÁTHY [11] p. 568). — Bei Dunkelfeldbeleuchtung will NELSON [7] auch die Bacterien untersuchen. Sie heben sich zwar infolge ihrer grossen Lichtbrechung glänzend von dem schwarzen Untergrunde ab, da sich aber auch andere, ähnlich geformte Gebilde ebenso abheben, hat diese Beobachtungsweise keinen wissenschaftlichen Werth, weil sie kein Kriterium zur Unterscheidung der Bacterien giebt. Ungefärbt können die Bacterien (mit Ausnahme der grössten Formen) überhaupt nur in Reinculturen mit Erfolg beobachtet werden. — Eine andere Consequenz der Ansichten NELSON's ist auch seine Bestrebung, die Petroleumlampe für Mikroskopie zu verbessern. Seine Lampe [6] mit schwarzem Metallschornstein und viereckigem Glasfenster unterscheidet sich von anderen ähnlichen erstens dadurch, dass das Oelgefäss sehr flach, parallelopipedisch ist, so dass die Flamme bei niedrigster Stellung auf der verticalen Säule, die die Lampe trägt, ganz nahe zur Fläche des Arbeitstisches kommt und deshalb auch näher zum Mikroskop gebracht werden kann. Zweitens ersetzt NELSON die übliche Sammellinse (bull's eye) durch eine HERSCHEL-sche Doppellinse, was schon BREWSTER [6] 1832 (s. oben p. 438) vorgeschlagen hatte. NELSON stand in Betreff der Beleuchtung überhaupt mehr auf dem WOLLASTON-BREWSTER'schen Standpunkt und bekämpfte später ausdrücklich (s. w. u.) die Einseitigkeit der NÄGELI-SCHWENDENER-ABBE'schen Beleuchtungsprincipien. — Etwas später verbesserte MAYALL die Lampe NELSON's, indem er das Oelgefäss flach scheibenförmig machte und die verticale Säule, auf welcher die Lampe durch Zahn und Trieb zu verstellen ist, durch die Mitte der Scheibe gehen liess; der runde Fuss des Gestelles wurde auch niedriger, sodass die Flamme in 3 Zoll Nähe zur Tischfläche kommen konnte. Diese „NELSON-MAYALL Lamp“ (s. so im Litteraturverz.) gewann sich in England bald viele Freunde, sie ist, nach der von FIDDIAN [2] (s. oben p. 481), vielleicht auch die beste unter den Petroleumlampen, die ich für Mikroskopie kenne. — A. C. MALLEY [1] hält die feste Verbindung der Sammellinse und der Lampe, wie bei NELSON, für verfehlt. — Complicirter, also theuerer, als die NELSON-MAYALL'sche, aber weniger praktisch ist „BECK's „Complete Lamp“ (s. so im Litteraturverz.). — Auch J. B. CARNOY [1] tritt p. 56 schon ausdrücklich für die Untersuchung gefärbter Objecte, von Mitosen dergl. mit der vollen Apertur des ABBE ein. Doch wird sowohl bei CARNOY als auch bei allen anderen Histologen dieser Zeit, bei den meisten sogar bis heute, diese Anwendung des Beleuchtungsapparates eher als eine Ausnahme behandelt. Wir wollen ihn im Gegentheil in der Regel so benutzt sehen und die Verengung der Apertur des Beleuchtungskegels in der feineren Histologie als Nothbehelf oder als Experiment für besondere Zwecke betrachten. —

Die von DOPPLER (s. oben p. 441) in die Mikroskopie eingeführte stroboskopische Methode versucht FRIEDR. MARTIUS [1] auf eine andere Weise zur absoluten Frequenzbestimmung der Flimmerbewegung anzuwenden. MARTIUS benutzt den schwingenden Metallstab des acustischen Stromunterbrechers von BERNSTEIN, welchen man mit dem zu verschiedenen physiologischen Zwecken gebrauchten elektromagnetischen Stroboskop zu verbinden pflegt, und befestigt daran ein Papierblättchen. Die Schwingungen des Papierblättchens, welche durch Festklemmen des Stabes an verschiedenen Stellen in jeder beliebigen Frequenz regulirt werden können, blenden das Licht oder lassen es abwechselnd durch. Das schwingende Papierblättchen befindet sich nämlich zwischen Lichtquelle und Diaphragma des horizontal umgelegten Mikroskops. Aufwärts schwingend deckt es die Oeffnung des möglichst eng zu wählenden Diaphragmas, abwärts schwingend überschreitet es mit seinem oberen Rande die untere Peripherie der Oeffnung und lässt das Licht durch. Doch muss die Weite der Oeffnung so gross sein, dass während der kurzen Dauer des Lichtdurchtrittes zwar keine merkliche Weiterbewegung der Cilie erfolgt, aber das durchgelassene Licht selbst bei grösserer Frequenz der Schwingungen genügt, um die mikroskopische Unterscheidung möglich zu machen. Der Apparat von MARTIUS ist so eingerichtet, dass man die Schwingungsfrequenz während der Beobachtung modificiren kann, ohne vom Mikroskop wegzublicken. Ein scheinbarer Stillstand der Cilien war doch nicht ganz zu erreichen, weil sich die Cilien der beobachteten Stelle nicht synchronisch bewegten. —

ARNOLD BRASS [1] würdigt die Beleuchtung als Differenzirungsmittel. — R. H. WARD [5]: ein kleiner schwarzer Schirm für das nicht beobachtende Auge, wie schon mehrere vorher, an dem oberen Tubusende anzubringen. — WRAY's Schirm, welcher ebendort anzubringen ist, besitzt ein Fenster, welches je nach der Lichtstärke des mikroskopischen Bildes mit verschieden durchsichtigen Papierblättchen ausgefüllt werden soll, damit beide Augen möglichst gleich starkes Licht bekommen.

1885 G. C. WALLICH [2] setzt 1885 die Vortheile seines Condensors auseinander. — J. SWIFT [5] reclamirt die Priorität der Verwendung eines stumpfen Glaskegels, wie im Condensor WALLICH's, für sich, ebenso wie des achromatisirten stumpfen Glasparaboloids. — THOMAS CURTIES [2], G. MARTINOTTI [1]: Modificationen des Mechanismus und der Dimensionen des ABBE-schen Beleuchtungsapparates, welche ihn auch bei kleineren Stativen anwendbar machen. — J. MOELLER [1] beschreibt die erwähnte REICHERT'sche Modification. — R. H. WARD [4] verwendet in seinem sonst nichts wesentlich Neues bietenden Iris-Illuminator das Iris-Diaphragma, welches bei den anderen Beleuchtungsapparaten noch immer nicht angebracht ist. — E. M. NELSON [9]: ein einfacher billiger Condensor für kleinere Stative aus zwei Linsen, von 0·5 N. A. — J. TOISON [1]: Bekanntes über das Ersetzen eines besonderen Condensors durch ein Objectivsystem. — H. L. BREVOORT [1] macht darauf aufmerksam, dass Luftblasen im Präparat eine gelegentlich sehr günstige Beleuchtung von Gebilden verursachen, die sich über ihnen befinden. — Je dünner der Objectträger, umso tiefer muss man bekanntlich den Condensor stellen, damit das Bild der Lichtquelle in die richtige Höhe projicirt wird. Bei einer tiefen Stellung des Condensors stösst es auf Schwierigkeiten, den

verhältnissmässig grossen Zwischenraum zwischen der oberen Fläche der hintersten Condensorlinse und der unteren (vorderen) Fläche des Objectträgers mit Immersionsöl zu füllen. In solchen Fällen pflegt man die Dicke des Objectträgers durch eine mit Immersionsöl unten aufgeklebte kleine Glasplatte von entsprechender Dicke zu compensiren, damit man nicht so viel Oel auf den Condensor zu geben braucht. E. M. NELSON [11] will das Heruntergleiten eines solchen Plättchens bei geneigtem oder horizontalem Mikroskop dadurch verhindern, dass er auf die vordere Kante des Glasplättchens eine schmale Glasleiste kittet, welches sich an die vordere Kante des Objectträgers legt. Nicht einmal diese einfache Vorrichtung ist indessen nothwendig; man kann ja das Glasplättchen so dick wählen, dass man nur eine ganz dünne, capillare Oelschichte aufzulegen braucht, welche Condensor, Glasplättchen und Objectträger ziemlich fest, eben nur verschiebbar mit einander verbindet (s. auch w. u.). —

J. WARE STEPHENSON [8] sucht mit seinem kata-dioptrischen Immersions-Illuminator die anderen Beleuchtungsapparate in Bezug auf die Grösse des Winkels des beleuchtenden Strahlenbüschels und der optischen Achse dadurch zu übertreffen, dass er zur Construction des Apparates Flintglas von 1·652 Brechungsindex verwendet. Er klebt ein Stück einer planconvexen Kronglas-Linse ($n = 1{\cdot}52$) auf die Aussenseite eines Parallelopipedons aus Flintglas, welches mit seiner oberen Fläche den Objectträger berührt. Der der optischen Achse zugekehrten verticalen inneren Fläche des Parallelopipedons gegenüber befindet sich ein rechtwinkeliges Prisma mit der Hypotenusenfläche unter 45° nach oben. Die mit der optischen Achse parallelen Strahlen werden von diesem Prisma in horizontaler Richtung reflectirt und gelangen ungebrochen zur versilberten convexen Fläche des Linsenstückes. Diese reflectirt sie in das Flint-Parallelopipedon zurück, welches ihnen eine maximale Neigung zur optischen Achse verleiht, die einer numerischen Apertur von 1·644 entspricht. Mit einer solchen Neigung erreichen die Strahlen das Object nur dann, wenn sich kein Medium von geringerem Brechungsindex als der des Flintglases in dem Wege der Lichtstrahlen befindet. Deshalb muss man Objectträger von Flintglas benützen. Zur Verbindung des Beleuchtungsapparates mit dem Objectträger diene Monobromnaphthalin. STEPHENSON betont p. 209, dass, je grösser die Fläche des Beleuchtungsapparates, mit welcher dieser mit dem Objectträger homogen verbunden ist, umso weniger man durch Zunahme der Dicke des Objectträgers von der ausnutzbaren Apertur des Apparates verliert. In dieser Hinsicht war der ABBE'sche Apparat den englischen Condensoren, wie wir sahen, seit jeher überlegen. Trotzdem es damals keine Objective von so grosser Apertur, wie die des Beleuchtungsapparates von STEPHENSON gab, sah dieser den Werth des Apparates darin, dass man durch Verminderung des Ueberschusses der Apertur leichter die in einem gegebenen Fall erwünschte Apertur findet, weil die theoretisch angegebene eines Apparates in der Praxis nicht immer diesen Werth erreicht; zweitens will er durch seinen Apparat das Hilfsmittel der Dunkelfeldbeleuchtung auch für unsere Objective von der grössten Apertur ermöglichen. Einen Vortheil davon glaubt er (wie E. M. NELSON, s. oben) besonders bei der Bacterienforschung hoffen zu dürfen. Wie erwähnt, halten wir aber die Dunkelfeldbeleuchtung gerade hier für am wenigsten

angezeigt. Und sonst würden wir einen Nutzen aus dem Ueberschuss der Apertur nur dann erwarten, wenn die Beleuchtung nicht eine einseitige, schiefe, sondern eine allseitige mit einem vollen Kegel von jener grossen Apertur wäre, damit wir uns dem Ideale der Beleuchtung für absolut objectähnliche Absorpstionsbilder noch mehr nähern, indem wir jedem Flächenelement der eben eingestellten Objectebene die Eigenschaften eines selbstleuchtenden Punktes (oder eines ganz lichtlosen Punktes) dem Mikroskop gegenüber verleihen (s. oben wiederholt und auch weiter unten). STEPHENSON betont endlich p. 210 auch, dass ein aplanatisches Condensorsystem stets nur für eine bestimmte Objectträgerdicke und für einen bestimmten Brechungsindex des Objectträgers und des Einschlussmediums wirklich aplanatisch wirken kann. Dem müsste ich von meinem Standpunkte aus noch hinzufügen, dass auf den Aplanatismus des Condensors sogar die Dicke des Präparates und des Deckglases und der Brechungsindex des letzteren von Einfluss ist, weil ich das Bild der Lichtquelle, um das Optimum der Beleuchtung für Absorptionsbilder zu erhalten, nicht in die Objectebene, sondern in die Ebene der vorderen Oeffnung des Objectivsystems projicire. In der Praxis wirkt also kein Condensorsystem ganz aplanatisch; um dies zu erreichen, müsste man auch die Condensoren mit Correctionsvorrichtung (s. w. u.) versehen. Trotz dieses unvermeidlichen Fehlers sind aber die aplanatischen Condensoren noch immer viel aberrationsfreier, als die nicht aplanatischen unter den günstigsten Verhältnissen. (Die Abbildung des STEPHENSON'schen Instrumentes befindet sich auf p. 523, Figur 112.) —

F. L. WEST [1] versieht die gewöhnliche hemisphärische Dunkelfeldlinse mit einer Centralblende, welche in der Höhe zu verstellen ist, wodurch die Apertur des Dunkelfeldes verändert werden kann. — Während in England BECK [7] und bald darauf REICHERT [2] auf dem Continente zuerst den Condensor endlich mit einem Iris-Diaphragma versahen, liessen KLÖNNE und MÜLLER [1] das alte DOLLOND'sche Diaphragma in nur wenig veränderter Form patentiren, benützen es aber nicht in der oben (p. 446) angegebenen Weise, in welcher es sogar neben dem Irisdiaphragma bestehen könnte. BECK [6]: neues Diaphragma für den Vertical-Illuminator statt des TIGHLMANN'schen (s. w. oben p. 530), welches sich nicht bewährt hat. — G. HUNT [2] sieht den Vortheil des total reflectirenden Prismas vor dem Glasspiegel darin, dass nur ersteres die Projection eines ganz scharfen Bildes der Lichtquelle durch den Condensor möglich macht. E. M. NELSON [8] will nämlich p. 482 die von Neuem aufgeworfene uralte Frage, ob Glasspiegel oder Prisma vorzuziehen sein, deshalb zu Gunsten des billigeren und leichter anzuwendenden Spiegels entscheiden, weil schon der Spiegel mehr als genug Licht dem Mikroskope giebt, während z. B. die Astronomen deshalb auf das Prisma angewiesen sind, weil sie ihr spärliches Licht möglichst vollkommen ausnützen müssen. Auf die Einwände von HUNT erwiedert NELSON [10], dass man auch den Spiegel so stellen kann, dass die zwei Bilder von der vorderen und hinteren Fläche des Glases, welche jene Schwierigkeit verursachen, zusammenfallen. Uebrigens zieht NELSON in kritischen Fällen vor, überhaupt ohne Spiegel zu beobachten und das Mikroskop direct gegen die Lichtquelle zu richten. — Auch eine andere Frage wird von englischer Seite wieder erörtert. NELSON [8] behauptete, dass künstliches Licht dem Tageslicht für

feinere Beobachtungen bei Weitem vorzuziehen sei. Nun sagt er [2], dass ein einstündiges Arbeiten bei diffusem Tageslicht mehr ermüdet, als ein ganzer Tag im dunkeln Zimmer bei Lampenlicht. Er meint auch, man solle das nicht beobachtende Auge zumachen, wenn das Licht im Mikroskop schwächer, aber offen halten, wenn es stärker ist, als das der Umgebung. W. A. Cooper [1] vertheidigt dagegen, gestützt auf alte Autoritäten, das Tageslicht. Ich finde Tageslicht nicht ermüdender als Lampenlicht, ziehe letzteres aber wegen seiner dauernden Gleichmässigkeit und eventuell grösserer Intensität oft vor. Wie gesagt, finde ich Auer'sches Glühlicht gerade am Tage, in heller Umgebung am besten. Jedermann möge das Licht benützen, welches er gerade am besten findet, und halte dabei, wie schon gesagt, das unthätige Auge offen oder zu, wie es ihm gerade passt, — gewisse auch schon erwähnte besondere Fälle ausgenommen. — Nicht weniger alt als diese beiden Fragen ist die Methode, die Apertur des Beleuchtungskegels durch Belegen des Spiegels mit schwarzem Papier dergl. zu verändern. Ich finde sie schon bei George Adams (Sohn) [2a] 1787 p. 133[1]. Nun lässt J. E. Smith (s. in dem Litteraturverzeichniss unter „Mirror Diaphragms") den Spiegel mit einer leicht zu entfernenden Platte von Ebonit mit einer schlitzförmigen Oeffnung belegen, um nur mit einer streifenförmigen Stelle des Spiegels Licht auf das Object zu werfen und so „stärkere Schatten zu erzielen." (Besser sind, wie gesagt, Schlitzdiaphragmen, die man in den Diaphragmenträger des Condensors legt). — J. W. Queen [1]: Methode des Centrirens des Beleuchtungskegels. — H. G. Madan [1]: Combiniren von Kobalt-Glas mit einem grünen Glas (sogenanntes „signal-green", benutzt bei Eisenbahnsignalen) zum Isoliren der blauen Lichtstrahlen von der Fraunhofer'schen Linie F bis G. —

Frank Crisp [8] erklärt die Beobachtung, dass das Auflösungsvermögen der Linsen bei directem Sonnenlicht grösser ist, daraus, dass ein sehr dünnes Strahlenbüschel von dem ausserordentlich intensivem Sonnenlicht genügt, und deshalb die Apertur des Objectivs vollkommen ausgenutzt werden kann, wogegen bei einem weniger intensiven Licht, von welchem ein dickeres Strahlenbündel zum gehörigen Erhellen des Bildes nöthig ist, stets eine reducirte Apertur zur Wirkung kommt. Dem fügt Abbe [10] die erläuternde Bemerkung hinzu, dass es deshalb nicht genügt, wenn nur ein Theil eines dickeren ungebeugten Büschels sammt einem Theil des ersten gebeugten Büschels in die Apertur des Objectivsystems hineingeht, weil dann nicht zusammengehörige (in Wirklichkeit nicht genug zahlreiche zusammengehörige), conjugirte, das heisst nicht aus einem und demselben Lichtstrahl entstandene dioptrische und gebeugte Strahlen zur Wirkung kommen, und nur solche conjugirte Strahlen das Structurbild erzeugen können. — In einem kleinen Artikel „Aperture Puzzle" (s. so im Litterat.-Verz.) im Journ. R. Micr. Soc. ist die weiter oben (p. 470) schon

1) „ . . . . or it" (die Lichtmenge) „may be more effectually lessened by cutting off a part of the cone of rays that fall on the object, ... or by forming circular apertures of black paper, of different sizes, and placing either a larger or smaller one on the reflecting mirror, as occasion may require."

erörterte, von der Beleuchtungs-Theorie von NÄGELI und SCHWENDENER nicht in Betracht gezogene Eigenschaft des Condensors, dass er von einem gegebenen Punkte der Lichtquelle einem gegebenen Flächenstück der Objectebene mehr Lichtstrahlen zuführt, als letzteres ohne Condensor erreichen würden, sehr handgreiflich dargethan. —

In seiner grossen „Synopsis des Diatomées de Belgique" beschreibt VAN HEURCK [12] auf p. 219-222 den HÉLOT-TROUVÉ'schen Apparat für elektrisches Licht und sagt, dass dieser eine neue Aera in der elektrischen Beleuchtung für mikroskopische Beobachtungen eröffnet. Denselben Apparat rühmt auch H. DE LACAZE-DUTHIERS [1] ganz besonders. Die ziemlich compendiöse Batterie ist mit dem „Photophore" von HÉLOT-TROUVÉ verbunden: ein vernickelter Messingtubus, in der Mitte mit einer kleinen Glühlampe mit geradem Faden, hinten einem concaven Spiegel und vorne einer Sammellinse. Für gewöhnlich ist das Licht, welches die ganze Batterie 2 Stunden lang unterhalten kann, zu stark. VAN HEURCK lässt gewöhnlich nur einen Theil der Elemente arbeiten. Trotz der vielen Betonungen der Vorzüge dieses Apparates und anderer handlicher Batterien, von welchen wir aus diesem Jahre die von BECK [5] erwähnen wollen, hat sich diese Lichtquelle doch nicht viel Freunde unter den ernstlich arbeitenden Mikrographen erworben. Nicht wenig mögen daran die AUER'schen Lampen die Schuld sein, welche doch Besseres viel billiger und auch bequemer bieten. Ich kann nicht umhin, hier noch einmal auf die Spiritus-Auerlampen aufmerksam zu machen, welche indessen durch die Petroleum-Auerlampen, falls sich diese auch bewähren, bald überflügelt werden dürften.

1886 Auch hier haben wir für das Jahr 1886 zunächst die Einführung der apochromatischen Objectivsysteme und der apochromatischen Linsen überhaupt (s. oben p. 390 und besonders ABBE [14], sowie die provisorische Preisliste des glastechnischen Laboratoriums von SCHOTT und Genossen zu Jena, mit Vorrede von ABBE) zu verzeichnen. Einmal werden nämlich wirklich reine, farbenechte Absorptionsbilder erst durch die apochromatischen Objectivsysteme ermöglicht, zweitens kann man das Bild der Lichtquelle an die erwünschte Stelle nur durch apochromatische Condensoren, wie solche POWELL & LEALAND später herstellten, ganz rein und scharf projiciren. Beide Momente sind sehr wichtig, wenn man die oben auseinandergesetzten Bedingungen der reinen Absorptionsbilder realisiren will, ohne der Definition, der Schärfe des Bildes einen Abbruch zu thun. Natürlich wollen wir damit nicht sagen, dass wir für die *gewöhnliche mikrographische Praxis* apochromatische Condensoren fordern.

Bekanntlich beruht die Achromatisirbarkeit (Aufheben der Farbenzerstreuung) von Prismen und Linsen darauf, dass die Dispersion nicht gleichen Schrittes mit dem Lichtbrechungsvermögen der verschiedenen Substanzen wächst: es giebt sogar Substanzen, welche bei gleichem Brechungsindex sehr verschiedene Dispersion, ja solche, welche geringeren Brechungsindex und doch grössere Dispersion besitzen. Eine vollkommene Achromasie war aber nicht zu erzielen, weil die Glassorten, die zu Gebote standen, um sie zu Linsen zu verbinden, die *Flintgläser* mit grosser relativer Dispersion und die *Crowngläser* mit einer bedeutend geringeren relativen Dispersion als es dem Unterschiede ihres Brechungsindex entsprechen würde, wenn die

Dispersion gleichen Schrittes mit dem Brechungsindex abnehmen würde, einen sehr ungleichen Gang der Dispersion besitzen, d. h. das Verhältniss ihrer partiellen Dispersionen in den verschiedenen Theilen des Spectrums verschieden ist. (S. auch MÜLLER-POUILLET's [1] Physik, 2. Bd. 1. Abth. p. 260 u. f.) Deshalb konnten beim Achromatisiren nur zwei Farben mit einander vereinigt werden; für die übrigen Farben blieb die chromatische Aberration bestehen und lieferte das sogenannte secundäre Spectrum, welches sich im mikroskopischen Bild in Form von Farbensäumen offenbarte. Bereits bekannte Substanzen, bei welchen die partielle Dispersion proportional ist und die doch einen zum Achromatisiren genügenden Unterschied der Brechung und der Dispersion zeigen, wie z. B. Flintglas No. 13 und Terpentinöl, oder Steinsalz und Diamant, konnten zu Mikroskoplinsen nicht verbunden werden. Nun stellte SCHOTT im Vereine mit ABBE und der Firma CARL ZEISS auch optische Gläser (zum Theil nur wie Glas behandelbare, glasartige Substanzen) der Crown-Reihe (Phosphat-Gläser) und der Flint-Reihe (vorwiegend Borat-Gläser) dar, welche die genannten Eigenschaften besitzen. Durch Combination dieser Gläser konnten Linsen hergestellt werden, bei welchen nicht nur je zwei, sondern je drei verschiedenfarbige Strahlen vereinigt werden, bei welchen also der noch immer bestehende Rest von chromatischer Aberration (das tertiäre Spectrum) für die Praxis kaum mehr in Betracht kommt, ausser wenn sehr nahe zu einander liegende Structurelemente allein auf Grund ihres Absorptionsbildes, ohne Zuhilfekommen der durch sie bewirkten Diffraction, unterschieden werden sollten, was nach meiner Ansicht eine Aufgabe der noch weiteren Vervollkommnung des Mikroskops ist (s. w. u.).[1] Der zweite im Interesse eines reinen Absorptionsbildes ebenso schwer wiegende Vortheil der neuen, wegen ihres höheren Achromatismus (von ABBE [14a] p. 23) apochromatisch genannten Linsen ist, dass sie die sphärische Aberration nicht nur für einen Strahl (von der optisch wirksamsten gelbgrünen Farbe), sondern für zwei verschiedene Farben des Spectrums auf einmal eliminiren. (Sie corrigiren, wie sich ABBE ausdrückt, auch die chromatische Differenz der sphärischen Aberration.) Die für die anderen Strahlen übrig bleibende sphärische Aberration soll in der Praxis nicht in Betracht kommen; in der

---

[1]) Auch hier will ich noch einmal bemerken, dass ich durch die Theorie und durch die Experimente von ABBE, die ich nicht nur an der Diffractionsplatte sondern auch an sehr verschiedenen anderen Objecten wiederholt habe und deren Beweiskraft ich, soweit es auf Diffractionsbilder ankommt, keineswegs bestreiten will, die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sehe, dass eine getrennte Abbildung von sehr dicht gelagerten Structurelementen auch auf dioptrischem Wege und dann absolut objectähnlich zu Stande kommen könnte, wenn die Oeffnungsbeugung (s. p. 490 und 559) eliminirt und die Bedingungen des reinen Absorptionsbildes realisirt wären, das Mikroskop das nothwendige Definitionsvermögen besässe und eine genug intensive färberische Differenzirung der Elemente existirte. Fest steht nur so viel, dass die üblichen feineren Testobjecte auf die Weise, wie man sie zu beobachten pflegt, nur bei Mitwirkung der Diffraction mit genügender Deutlichkeit eine Structur wahrnehmen lassen.

That macht sie aber jenen Grad der Definition doch unmöglich, welcher nöthig wäre zur erwähnten gesteigerten Unterscheidung allein auf Grund des Absorptionsbildes. Endlich ist bei den achromatischen Linsen der Unterschied der für die verschiedenfarbigen Strahlen resultirenden Vergrösserung nicht in allen Zonen der Objectivöffnung gleich; man beschränkte sich bisher darauf, diese „chromatische Differenz der Vergrösserung“ für eine gewisse pericentrale Zone zu corrigiren, während die centrale und die peripherische Zone uncorrigirt blieben. Diese Art von Aberration war nicht einmal bei den Apochromaten, sobald sie eine grössere Apertur besitzen, durch thunliche Mittel zu beseitigen; da sie aber in allen Zonen der Objectivöffnung gleich ist, so konnte sie wenigstens durch einen absichtlich herbeigeführten umgekehrten Unterschied der Vergrösserung im Ocular (in den Compensations-Ocularen) compensirt werden. Dadurch wurde eine vollkommenere Zusammenwirkung der mittleren und peripherischen Zonen der Objectivöffnung möglich, was eine vollkommenere Ausnützbarkeit der Apertur der Apochromate zur Folge hat. Und das ist der dritte Vortheil für die Beleuchtung beim Erzeugen eines dem idealen näher kommenden Absorptionsbildes. —

J. W. Stephenson [4] definirt das centrale Licht als ein Strahlenbündel, dessen Achse mit der optischen Achse des Objectivs coincidirt, und welches so dünn ist, wie es nur die nothwendige Stärke der Beleuchtung erlaubt (p. 37). Ist aber der Beleuchtungskegel, dessen Achse mit der Objectivachse coincidirt, so weit, dass er die ganze Objectivöffnung ausfüllt, so enthält er (wie schon Abbe [16a] p. 16 betonte und auch bei Dippel [1] auseinandergesetzt ist, s. oben p. 533) neben den streng centralen Strahlen auch die schiefsten, welche in die Objectivöffnung nur hineingehen. Diesen schiefen Strahlen ist bei einer solchen Beleuchtung die Auflösung von *Amphipleura* pellucida dergl. zuzuschreiben, welche für die centralen Strahlen unmöglich wäre, weil es keine Objective von so grosser Apertur giebt, dass in sie das erste zu einem centralen dioptrischen Strahl gehörige Beugungsbüschel hineinginge. Die Lösung sei aber vollkommener, das Bild besser, wenn nur ein schiefes Strahlenbündel zur Wirkung kommt und das übrige „nutzlose“ (p. 39) Licht ausgeschlossen wird. — Auf Grund dieser Aeusserung und einer früheren, dass in einem Objectiv von bester Construction das Centrum für die Vorzüglichkeit der „Definition“ nicht wesentlich ist (J. W. Stephenson [5] p. 186), imputirt E. M. Nelson [12] und [12a] Stephenson die Meinung, schiefes Licht sei dem centralen überhaupt vorzuziehen, und bekämpft diese Ansicht. Daraus entstand eine Jahre lang sich hinziehende Polemie, welche nicht ganz ohne Einfluss auf die Klärung der Frage der Beleuchtung gewesen ist. (S. w. u., für dieses Jahr Journ. R. Micr. Soc. (2) 6. vol. p. 322-324 und p. 692-694). E. M. Nelson [13] hat sich auch gegen die Diffractionstheorie Abbe's überhaupt und insbesondere gegen die angebliche Bestätigung derselben durch Eichhorn ausgesprochen. Alfred Eichhorn [1] hatte 1878 aus der Lage der sechs Diffractionsspectren von *Pleurosigma* angulatum das mikroskopische Bild von *Pleurosigma* construirt und dabei das Sichtbarsein von kleineren helleren Stellen in hexagonaler Anordnung zwischen den grösseren hellen Kreisen postulirt. Diese hellen Punkte haben nachher Abbe, Stephenson [5] und andere wirklich

gesehen. Zu sehen sind sie auch im grossen *Pleurosigma*-Photogramm von RODERICH ZEISS, s. bei CARL ZEISS [2], aber nur an den verschwommensten Stellen, wo die Einstellung zu hoch gewesen ist. Von diesen EICHHORN'schen Punkten hat man recht viel Aufhebens gemacht. Die Bilder, in welchen man sie aufgefunden zu haben glaubt, sind reine Interferenzbilder und am besten beim Abschneiden des centralen, dioptrischen Bündels hinter dem Objectiv sichtbar zu machen. (Näheres hierüber s. w. u.)

POWELL [1]: achromatischer Immersions-Condensor von 1·28 N. A. — A. M. MAYER [1]: Condensor aus grossen Linsen für Dunkelfeldbeleuchtung besonders von im Wasser lebenden Organismen bei schwacher Vergrösserung. Ovaler Spiegel, wie bei GORING (s. oben p. 437). — ZEISS versieht die alte, mit Kupfersulfat-Ammoniak-Lösung gefüllte Schusterkugel mit einem besonderen Ständer (s. unter ZEISS's monochromatic Illumination). — E. H. GRIFFITH [8]: Schlittendiaphragma. Nichts Neues. — ROSS [1]: Vorrichtung zum Centriren des Beleuchtungsapparates. — G. W. M. GILES [8] bedauert, dass man den LIEBERKÜHN'schen Spiegel so wenig benutzt. Unter die zu beobachtende Stelle klebt er auf die Unterseite des Objectträgers einfach durch Befeuchtung eine kleine Scheibe aus einer dünnen Vulcanitplatte, die von unten her leicht, auch ohne die Beobachtung zu unterbrechen, zu entfernen ist. — JOHN ANTHONY [8] rühmt sehr die doppelte Beleuchtung von halbdurchsichtigen Objecten durch auffallendes und durchfallendes Licht. Er empfiehlt auch den alten Kunstgriff des Schwärzens eines Teiles des LIEBERKÜHN'schen Spiegels und bei Benutzung des letzteren Unterlagen von der complementären Farbe des Objectes. —

Auch M. FLESCH [7] erwartet grosse Vortheile von der Beleuchtung des Objectes mit verschiedenfarbigem Licht, um verschieden tingirte Bestandtheile besser hervorzuheben. Das Einlegen einer Rauchglasscheibe in den Blendenträger findet er sowohl bei roth als auch bei blau tingirten Objecten vortheilhaft. Um bei einer doppelten Tinction mit Eosin und Hämatoxylin die mit Eosin gefärbten Elemente besser hervortreten zu lassen, verwandte er polarisirtes Licht in Verbindung mit einem Gypsplättchen so, dass das Gesichtsfeld gelb war. Das für das Blau der Hämatoxylintinction complementäre Gelb soll die blaue Kernfärbung unsichtbar gemacht haben, und die mit Eosin gefärbten Zellen traten besser hervor. Wie ein Verschwinden der Kerntinction (p. 52) auf diese Weise durch das gelbe Licht möglich war, weiss ich nicht. Das gelbe Licht wird durch ein complementäres Blau nicht hindurchgelassen, und die Kerne erscheinen eher dunkel oder geradezu schwarz und müssen in „dicken Schnitten“ das „zarte Roth der eosinhaltigen Zellen“ erst recht verdeckt haben. Möglich ist nur, dass das Blau der Hämatoxylintinction infolge von Pleochroismus bei gewisser Stellung des Nicols matter, eher röthlich wurde und deshalb im Gelb verschwand, während das Eosin noch stärker roth erschien. Das Gelb des Gesichtsfeldes konnte dabei sonst nichts zu thun haben. Licht von complementärer Farbe wenden wir sonst gerade dort an, wo die zu matte Tinction selbst nicht zum Hervorheben der betreffenden Elemente genügt, wie dies W. PFITZNER [2] (p. 133) schon ganz richtig gethan hat. Eine isolirende Tinction bei rein weissem Gesichtsfelde ist aber noch viel besser, sogar wenn die Tinction schwach ist. —

P. G. UNNA [1] meint, zerstreuende Diaphragmen soll man möglichst nahe zum Object einschalten. Er benutzt sehr dünne matte Glasscheiben. Wo sich die zerstreuenden Diaphragmen je nach dem erzielten Bilde befinden sollen, haben wir weiter oben (p. 459 u. f.) besprochen. — J. W. QUEEN [2]: sehr einfache billige Petroleumlampe mit kleiner Flamme; BAKER [1]: vereinfachte, aber nicht verbesserte NELSON'sche Lampe. — Im Journ. R. Micr. Soc. ist eine kleine elektrische Glühlampe (s. unter „Electric Incandescence Lamp") beschrieben, welche an Stelle des Condensors einzustecken ist; eine Kappe mit Condensorlinse, blauem Glas dergl. steckt man von oben auf die fingerförmige Lampe. — COXETER und NEHMER [1]: elektrische Batterie für mikroskopische Beleuchtung. — Der „Desideratum" Condensor von J. W. L. MILES [1] besteht aus einer in der Mitte mattgeschliffenen planconvexen Linse von längerem Focus, welche entweder für sich oder zusammen mit einer anderen planconvexen (hinteren) Linse von kurzem Focus und mit verschiedenen Diaphragmen gebraucht werden soll. Denselben Zweck kann man mit kleinen Scheiben von Pauspapier, welche man mit Immersionsöl aufklebt, bei jedem Condensor erreichen (s. w. oben p. 363); der Vortheil des MILES'schen ist, dass er zu den billigsten gehört. — E. H. GRIFFITH [4]: ein ausklappbarer Blendenträger für Scheibenblenden. Nichts Neues. GRIFFITH verfertigt Scheibenblenden, indem er runde Deckgläser auf dem Drehtisch zum Umranden der Präparate mit schwarzem Lack überzieht. Noch einfacher ist es aber, die Blenden aus schwarzem Cartonpapier zurechtzuschneiden. — (Hierher auch SCHIEFFERDECKER [4] p. 321: Lampen, von C. LEES CURTIES ausgestellt.) — E. v. FLEISCHL [1] stellte stroboskopische Beobachtungen an sich contrahirenden Muskeln in der Weise an, dass er eine stroboskopische Scheibe mit radiären Einschnitten über dem Ocular anbrachte.

1887 Aus dem Jahre 1887 müssen wir vor allem die erste Beschreibung des AUER'schen Gasglühlichtes als Lichtquelle für das Mikroskop von K. BÜRKNER [1] verzeichnen. Die von AUER VON WELSBACH in Wien erfundenen Glühkörper sollen 1000 bis 1200 Stunden lang gleichmässig leuchten. Die Leuchtkraft könnte nach BÜRKNER's Meinung für manche Zwecke ungenügend sein. Dasselbe meint auch SCHIEFFERDECKER [4] p. 321 von den in Wiesbaden ausgestellten AUER'schen Lampen. Dem glaubt er durch Anbringung von zwei Glühkörpern neben einander unter einem Cylinder abhelfen zu können. In Wirklichkeit genügt die specifische Leuchtkraft der AUER'schen Glühkörper für alle mikroskopische Zwecke, es sei denn in Fällen, wo man durch sehr dunkle Lichtfilter kurzwelliges Licht erzielen will. Die specifische Intensität des Lichtes (die Menge des Lichtes, welche das Flächenelement der Lichtquelle ausstrahlt) wird durch Vereinigung von mehreren Glühkörpern auch nicht vergrössert, nur die lichtgebende Fläche. Doch giebt der Glühkörper gerade bei starken Vergrösserungen eine hinreichend grosse leuchtende Fläche. Die Vergrösserung der letzteren kann nur bei schwächeren Vergrösserungen, wo doch sehr intensives Licht nöthig ist, namentlich wenn ohne Condensor gearbeitet werden soll, geboten sein. Dann empfiehlt sich die Gruppirung von mehreren Glühkörpern hinter einer matten Scheibe. Das relativ sehr weisse Licht, welches die Farben der Tinctionspräparate natürlich, wie Tageslicht, hervortreten lässt, und die

geringe Wärmeentwickelung, leichte Handhabung und Billigkeit sind die weiteren Vorzüge der neuen Lichtquelle. Nach BÜRKNER können damit (p. 38) nur die EDISON'schen Glühlämpchen einigermassen concuriren. Die Erfahrung hat seitdem gelehrt, dass sie es nicht können. — J. KETCHUM [1]: eine tragbare, sehr compendiöse Kalklichtlampe. — Eine originelle Mikroskopierlampe ist die von KOCHS - WOLZ. (S. auch W. KOCHS [1] 1888.) Das Licht einer kleinen, niedrigen Petroleumlampe (wie die von NELSON), welche von einem schwarzen Schornstein ganz umgeben ist, wird durch einen gekrümmten Glasstab von etwa 1 cm Durchmesser und geschliffenen Enden bis ganz unter das Object oder bei anderer Krümmung auf das Object geleitet. Durch innere totale Reflexionen an der Grenzfläche des Stabes strömt das Licht, so zu sagen, ohne seitlich auszutreten bis an die Endfläche des Glasstabes, wo es mit unverminderter Intensität heraustritt. Diese Endfläche stellt also eine Lichtquelle von 1 cm Durchmesser dar, welche die ganze Intensität der ursprünglichen Lichtquelle (dessen Licht durch passende Reflectoren in den Stab gelenkt wird) besitzt, abgesehen vom Verlust durch die Unreinheit des Glases. Da das Licht von der Endfläche nach allen Richtungen ausstrahlt, so sieht diese wie eine sehr stark beleuchtete matte Scheibe aus. Durch Auflegen von blauen Glasscheiben ist die Farbe des Petroleumlichtes zu corrigiren. — SCHIEFFERDECKER [8], welcher die neue KOCHS-WOLZ'sche Lampe ebenfalls beschreibt p. 747-479, Figur 2, empfiehlt, den KOCHS-WOLZ'schen Stab mit AUER'schen Lampen zu verbinden p. 479. Die AUER'schen Lampen machen aber die KOCHS-WOLZ'sche Vorrichtung so schon überflüssig. Diese hat nur dort einen Zweck, wo AUER'sches Licht in keiner Form zur Verfügung steht. — Th. W. ENGELMANN [7]: Praktisches über elektrisches Glühlicht beim Mikroskop. — F. B. QUIMBY [1]: Lampenschirm aus drei in einander gesteckten Röhren mit verschiedenen Oeffnungen. W. H. DALLINGER [3] hebt die Vorzüge des künstlichen Lichtes vor dem Tageslicht hervor. — C. TROESTER [1] macht den nicht gerade neuen Vorschlag, eine blaue, auf einer Seite mattgeschliffene Glasscheibe in die Objecttisch-Oeffnung zu legen, wodurch die Farbe und der zu Interferenzerscheinungen führende Parallelismus der Strahlen des Lampenlichtes corrigirt wäre. Das Bild der Lichtquelle soll mit Spiegel und Condensor auf die matte Fläche projicirt werden. Der Vortheil solcher Einrichtungen besteht für das Absorptionsbild darin, dass Lichtstrahlen unter sehr verschiedenen, bis äusserst grossen Winkeln in die Objectebene fallen, weil nun de facto die sehr nahe matte Fläche als Lichtquelle fungirt (s. oben p. 463). — E. M. NELSON und G. C. KAROP [1] beschreiben den neuen, auf NELSON's Anregung verfertigten achromatischen Immersionscondensor von T. POWELL. Dieser besteht aus drei Linsenpaaren und einer einfachen Hinterlinse und hat eine N. A. von 1·40. Den Hauptfehler der chromatischen Condensoren sehen NELSON und KAROP darin, dass man nur die Strahlen einer engen centralen Zone auf einmal auf das Object focusiren kann (s. weiter oben p. 472). Ich sehe ihren Nachtheil weniger darin, obwohl sich dazu die Färbung des Gesichtsfeldes bei gewissen, sonst vortheilhaften Einstellungen und ein Lichtverlust gesellt, welche das Erfüllen der Bedingungen des reinen Absorptionsbildes erschweren. An und für sich ist der Umstand, dass nicht alle Strahlen in einem Focus vereinigt werden, weder für das Refractionsbild noch

für das Absorptionsbild von Belang; für schwierige Diffractionsbilder auch nur deshalb, weil die auf einmal zur Wirkung kommende Lichtmenge, ein je nachdem verschieden grosser Theil des gesammten Lichtes des Condensors, bei engen Beleuchtungskegeln eventuell nicht genügt. Sehr feine Absorptionsbilder bekommt man ja, wie oben auf p. 459 u. f. auseinandergesetzt, auch dann, wenn man dicht unter dem Objecte eine zerstreuende Fläche einschaltet, und die Refractionsbilder erheischen ein enges Diaphragma, welches nur die centrale Zone des Condensors zur Wirkung kommen lässt. Für wichtiger halte ich den Umstand, dass man die verschlechternde Wirkung, welche die Oeffnungsbeugung auf die dioptrisch entstandene Componente des mikroskopischen Bildes (s. oben, p. 513 u. f.) übt, nur durch einem aplanatischen Condensor mit Correction ganz beseitigen könnte (s. w. u.). — BAUSCH & LOMB [2]: eine gewöhnliche grosse Sammellinse am Ende des einen Armes eines Hebels. Am andern befindet sich ein Gegengewicht, sodass sich die Linse leichter und feiner verstellen lässt als sonst. — Unter dem Titel „NACHET's Dark-ground Illuminator" (s. so im Litteraturverz.) ist im Journ. R. Micr. Soc. NACHETS alte Vorrichtung für Dunkelfeldbeleuchtung ([10] 1860), der auf p. 464 erwähnte stumpfe Glasconus, von Neuem beschrieben. — A. HILGER [1]: ein Vertical-Illuminator, bei welchem das Licht durch einen in der Mitte durchbohrten concaven Metallspiegel in das Objectiv reflectirt wird. Zum Ocular gelangen die Strahlen durch das Loch im Spiegel — H. SCHRÖDER [2]: LIEBERKÜHN'sche Spiegel aus Wolframstahl. — A. ZIMMERMANN [2] beschreibt als etwas Neues die endlich auch von der Firma C. ZEISS aufgenommenen Irisblenden. Auf der Ausstellung wissenschaftlicher Apparate auf der 60. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wiesbaden war die Irisblende schon bei einer Anzahl verschiedener Instrumente angebracht (s. bei SCHIEFFERDECKER [4] p. 315 - 316). Ihre allgemeinere Anwendung datirt von hier an. — In diesem Jahre hat die Firma C. ZEISS nach vielem Zögern auch einen achromatischen ABBE'schen Condensor aus zwei Linsenpaaren und einer einfachen Hinterlinse, mit 1·00 N. A. eingeführt, besonders für photographische Zwecke.

S. EXNER's [1] Aufsatz über die Structur der Muskelfasern im Lichte der Diffractionstheorie ist von grossem Interesse auch in Betreff der Beleuchtungsmethoden. Die These von ABBE [2] ist, wie wir wissen, dass es unmöglich sei (p. 454) „über die wirkliche körperliche Zusammensetzung" der Muskelfaser „im Sinne der bisherigen Bemühungen" d. h. einfach durch mikroskopische Beobachtung „irgend etwas Haltbares auszumachen." Die hauptsächliche Tendenz der Schrift von EXNER ist, diese These den Histologen in Erinnerung zu bringen und sie darauf aufmerksam zu machen, wie wenig sie ihren mikroskopischen Bildern in ähnlichen Fällen vertrauen können. Die Auseinandersetzungen EXNER's haben aber nur insofern Giltigkeit, als es sich um Refractions- und Diffractionsbilder, also hauptsächlich um die Beobachtung von ungefärbten, ja lebenden Präparaten mit engen Beleuchtungskegeln handelt. Denn gerade die Muskelfasern zeigen es am schönsten, dass wir auch durch blosse Beobachtung die wirkliche Structur ähnlicher Objecte feststellen können, wenn die Bedingungen des reinen Absorptionsbildes sowohl in Betreff der Beleuchtung, als auch des Präparates vorhanden sind.

Sind die Lichtbrechungsunterschiede im Präparate nahezu ausgeglichen und wird jedes Flächenelement des Objectes beinahe aus allen Radien einer Hemisphäre von Lichtstrahlen getroffen, sind also die Bedingungen der Diffractions- und Interferenzerscheinungen eliminirt, und zeigen sich die einzelnen aufeinander folgenden Abschnitte der Muskelfibrille (die Scheiben) differenzirt, verschieden tingirt oder gewisse Abschnitte färberisch isolirt, ohne irgend welche besondere dunkle Grenzlinien oder glänzende Stellen: so kann man einem solchen Bilde in Bezug auf Objectähnlichkeit volles Vertrauen schenken. (Eine andere Frage ist, in wie fern das Gesehene naturähnlich und normal ist). Und diesen Anforderungen genügt schon die heutige Mikrotechnik so ziemlich. Sie soll und wird auch die Resignation, welcher sich gerade die gewissenhaftesten Histologen als einer Consequenz der Diffractionstheorie hingegeben haben, unnöthig machen: Structurelemente, welchen wir eine charakteristische, bald diese, bald jene Farbe verleihen können, sind sicher nicht durch Diffraction vorgetäuscht, wenn sie auch nur Bruchtheile einer Wellenlänge messen und nur um Bruchtheile einer Wellenlänge von anderen Elementen entfernt sind, welche wir nach Belieben entweder mitfärben oder ungefärbt lassen, oder ein anderes Mal nur diese färben und die ersteren ungefärbt lassen können. — An die obigen Auseinandersetzungen EXNER's knüpft ein Artikel im Journ. R. Micr. Soc., „Histological Structures and the Diffraction theory“ (s. so im Litt.-Verz.), weitere Bemerkungen über die Unzuverlässlichkeit der mikroskopischen Bilder, aber immer eine Beleuchtung mit engem Strahlenkegel vorausgesetzt.

1889 E. ABBE [**9**] wendet 1889 die Consequenzen seiner Diffractionstheorie ([**2**] 1873, [**16**] 1880 und [**16** a] 1882) nochmals auf die Frage der Bilderzeugung an, wenn der Beleuchtungskegel von grosser Apertur ist. Er kommt wieder zu dem Resultate, dass das Bild von Objecten, welche nur durch verschiedene Brechung und verschiedene Retardation des hindurchgelassenen Lichtes wirken (also das Refractions- und Diffractionsbild,) bei einem weiten Beleuchtungskegel aus einer Mischung von mehr oder weniger verschiedenen, mehr oder weniger objectähnlichen partiellen Bildern besteht, die den unter verschiedenen Winkeln einfallenden und unabhängig von einander, für sich wirkenden elementaren Lichtbüscheln zugehören, aus welchen ein weiter Beleuchtungskegel zusammengesetzt ist. Es sei aber (p. 724) nicht der geringste Grund zur Annahme vorhanden, dass diese Mischung selbst objectähnlicher sei, als das objectähnlichste der partiellen Bilder, aus welchen sie besteht. Dieses Bild sei nun dasjenige, welches dem axialen elementaren Büschel des ganzen Lichtkegels zugehört, weil von diesem der grösste Theil der Diffractionsbündel, in welche sich das Lichtbüschel beim Durchgang durch das Object spaltet, zur Bilderzeugung zugelassen wird. Es werden nämlich ausser dem in der Mitte gelegenen (im Oeffnungsbilde des Objectivs beim Hineinsehen nach Wegnahme des Oculars zu erblickenden) dioptrischen Bündel sämmtliche Diffractionsbündel zugelassen, welche sich innerhalb der Objectivöffnung um das Centralbündel herum gruppiren, und nur die seitlichsten, eventuell so schon sehr lichtschwachen Diffractionsbündel werden abgeschnitten, weil sie nicht mehr in die Objectivöffnung hineingehen. Und nach der Diffractionstheorie ist das Structurbild nicht nur eines

zur Erzeugung von namhafter Diffraction geeigneten Objectes, sondern sämmtlicher nicht selbst leuchtender Objecte umso objectähnlicher, je mehr vom vollkommenen, ganzen Diffractionsspectrum, in welches das Bild der Lichtquelle durch das Object verwandelt wird, beim Bilderzeugen betheiligt ist.

Ich glaube jedoch, dass die Deduction ABBE's verfehlt ist, weil die den NÄGELI-SCHWENDENER'schen Beleuchtungsprincipien entlehnte Prämisse, auf welche sie sich gründet, falsch ist. Nachdem er den Beleuchtungskegel von grosser Apertur als aus einer grossen Anzahl verschieden einfallender, von axialen bis sehr schiefen Lichtkegeln von minimaler Apertur zusammengesetzt erklärt hat, sagt er, dass die verschieden geneigten Elementarbüschel, die durch einen gegebenen Punkt des Objectes gehen, incohärent, zum Zusammenwirken, zum Erzeugen eines gemeinsamen Bildes nicht fähig seien, weil die Projection eines Bildpunktes auf der Wiedervereinigung einer Wellenbewegung beruht, welche von einem leuchtenden Objectpunkte ausgeht (von einem Punkte der ursprünglichen Lichtquelle). ABBE zieht nun ebenso wenig wie NÄGELI und SCHWENDENER (s. oben p. 460) in Betracht, dass bei Anwendung von Condensoren nicht nur ein Lichtstrahl von jedem Punkt der Lichtquelle zu jedem Punkt der Objectebene geht, dass also die verschiedenen Lichtstrahlen, die durch einen und denselben Punkt der Objectebene gehen, nicht nothwendig von verschiedenen Punkten der Lichtquelle herkommen. Im Gegentheil! Wenn man das Bild der Lichtquelle durch ein wirklich aplanatisches Condensorsystem bei homogener Immersion desselben genau in die Objectebene projicirt, so werden (s. bereits oben p. 469-470, 516 u. f.) sämmtliche von einem Punkte entsandten Lichtstrahlen *a*, *b*, *c*, *d* etc., die der Condensor nur aufnehmen kann, in einem je nach der Lage des Lichtpunktes zur Achse des Beleuchtungssystems verschieden gelegenen Punkte x der Objectebene vereinigt, und umgekehrt, wie verschiedene Neigungen auch die Strahlen *a*, *b*, *c*, *d* etc. besitzen, die durch einen Punkt x der Objectebene gehen, so stammen sie doch von einem und demselben Punkt der Lichtquelle her. Die dioptrische Bedingung zum Zusammenwirken der verschieden geneigten Strahlen ist also ja vorhanden, sie können nicht verschiedene Bilder des Objectpunktes unabhängig voneinander entwerfen. Eine andere Frage wäre, ob die zu verschiedenen dioptrischen Strahlen desselben Lichtkegels, dessen Spitze der Objectpunkt ist, gehörigen gebeugten Strahlen miteinander cooperiren können, da, wie ABBE hervorhebt, die brechenden Elemente den Gang verschieden geneigter Strahlen verschieden verzögern, diesen also verschiedene Diffractionsspectren zukommen. Das ist aber kaum zu bezweifeln. Lichtstrahl *a* wird mit den dazu gehörigen gebeugten Strahlen α, α_1, α_2 etc. in einem Punkte vereinigt; Lichtstrahl *b* wird mit den dazu gehörigen gebeugten Strahlen β, β_1, β_2 ebenfalls in einem Punkt vereinigt. Der dioptrische Lichtstrahl *a* wird aber mit dem dioptrischen Strahl *b* in einem Punkte vereinigt, weil sie von demselben Lichtpunkte herstammend durch denselben Objectpunkt x gehen, also confocal sind; demnach werden auch die gebeugten Strahlen α und β, α_1 und β_1, u. s. w. in demselben Punkte vereinigt. Die Elementarbüschel a, b, c, d etc. können also auch keine besonderen Diffractionsbilder unabhängig von einander entwerfen. Uebrigens

kommen in diesem Fall, wo die Beleuchtung mit einem vollen Beleuchtungskegel von grösster Apertur erfolgt, die Diffractionsspectra der einzelnen Elementarbüschel des weiten confocalen Strahlenkegels in der Regel gar nicht zur Wirkung, weil bei der grossen Anzahl verschieden geneigter Strahlen mit den Helligkeitsminimis, die zu dem Diffractionsfächer eines gegebenen Elementarbündels gehören, nothwendigerweise mehrere Helligkeitsmaxima des Diffractionsfächers von anderen mit dem ersteren confocalen Elementarbüscheln in einer Ebene zusammenfallen und interferiren, der Strahlenkegel also auch nach dem Durchtritt durch das Object in seinem ganzen Querschnitt eine gleiche Vertheilung der Helligkeit behält.

Die Gesammtzahl der Lichtstrahlen, welche durch das Condensorsystem in die Objectebene gelangen, bildet einen stumpfen Kegel, dessen Basis die obere Fläche der Hinterlinse des Condensors und dessen Scheitelebene der belichtete Theil der Objectebene ist. In diesem stumpfen Lichtkegel sind so viele spitze Lichtkegel $\overline{x}$, $\overline{y}$, $\overline{z}$ etc. ineinandergesteckt, als Lichtpunkte der ursprünglichen Lichtquelle X, Y, Z etc. in der Objectebene abgebildet wurden; die Spitzen der Kegel sind die einzelnen in die Objectebene projicirten Bildpunkte x, y, z etc. Die Apertur der einzelnen Lichtkegel $\overline{x}$, $\overline{y}$, $\overline{z}$ etc. ist verschieden je nach der Lage der Lichtpunkte X, Y, Z etc. zur optischen Achse des ganzen Beleuchtungssystems. Die ganze Apertur des Condensors besitzt der Lichtkegel, sagen wir x, dessen Achse die des ganzen stumpfen Kegels ist, dessen Spitze sich also in der Mitte des belichteten Objectfeldes befindet und dessen zugeordneter Lichtpunkt X in der Achse des Systems liegt. Die geringste Apertur besitzen die den nach allen Seiten am weitesten von der Achse entfernten Lichtpunkten der abgebildeten Lichtfläche, sagen wir Y und Z entsprechenden Kegel $\overline{y}$ und $\overline{z}$; aber auch diese müssen eine mehr als halb so grosse Apertur besitzen, wie die volle Apertur des Condensors. In Wirklichkeit ist indessen der Theil einer unbegrenzt gedachten Lichtfläche, welche von einem Condensor von grosser Apertur abgebildet, d. h. für die Beleuchtung verwerthet werden kann, verhältnissmässig klein, die angulare Grösse der Entfernung YZ gering, und noch viel geringer ist das Bild dieser Grösse, die Entfernung yz in der Objectebene. Der Unterschied in der Ausdehnung der Scheitelfläche und der Basis des stumpfen Kegels ist sehr gross; demnach ist auch die thatsächliche Verschiedenheit in der Apertur der Lichtkegel $\overline{x}$, $\overline{y}$, $\overline{z}$ etc. sehr gering. Man kann also die Lichtkegel $\overline{x}$, $\overline{y}$, $\overline{z}$ etc. als nahezu gleich betrachten. Ein Objectivsystem von homogener Immersion vorausgesetzt, bleiben die mit ihrer Basis gegen das Objectiv gerichteten Lichtkegel, welche aus den in den Kegeln $\overline{x}$, $\overline{y}$, $\overline{z}$ etc. vereinigt gewesenen Strahlen, nachdem diese die Objectebene passirt haben, zusammengesetzt sind, einander und den Kegeln $\overline{x}$, $\overline{y}$, $\overline{z}$ etc. ebenfalls gleich, wenn sie durch den freien Theil der Objectebene gehen; man kann sie also auch mit $\overline{x}$, $\overline{y}$, $\overline{z}$ etc. bezeichnen, oder besser mit $\frac{1}{\overline{x}}$, $\frac{1}{\overline{y}}$, $\frac{1}{\overline{z}}$ etc. Dagegen sind die Lichtkegel, welche aus jenen Lichtstrahlen bestehen, die durch die Objectpunkte gegangen sind, im Allgemeinen verschieden von den Lichtkegeln $\overline{x,}$ $\overline{y,}$ $\overline{z,}$ sie können also mit $\frac{1}{\overline{x,}}$, $\frac{1}{\overline{y,}}$, $\frac{1}{\overline{z,}}$, etc. bezeichnet werden. In

allen Fällen cooperiren aber die Strahlen, die in einem und demselben Lichtkegel $\frac{1}{x}$, $\frac{1}{y}$, $\frac{1}{z}$ oder $\frac{1}{x_{,}}$, $\frac{1}{y_{,}}$, $\frac{1}{z_{,}}$ etc. enthalten sind, mit einander und erzeugen durch das Mikroskop je ein Bildpunkt XX, YY, ZZ oder X_1X_1, Y_1Y_1, Z_1Z_1 etc. von den Punkten x, y, z der Objectebene, also auch von den Lichtpunkten X, Y, Z etc. Die Strahlen des einen Lichtkegels könnten nur mit Strahlen eines anderen Kegels nicht cooperiren, weil sie nicht confocal sind in Bezug auf die ursprüngliche Lichtquelle, von welcher ABBE spricht (p. 722).

Anders verhält sich die Sache, wenn man keinen Condensor und auch keinen concaven Spiegelbenutzt, sondern die Lichtstrahlen, welche die Lichtpunkte X, Y, Z entsenden, direct oder nach Reflexion von einem Planspiegel in die Objectebene gelangen lässt. Dann kann von dem Lichtpunkte X nur ein einziger Strahl $\overline{Xx}$ zu dem Punkte x der Objectebene gehen. Aber zu demselben Punkt x kann auch von den Lichtpunkten Y und Z je ein Strahl $\overline{Yx}$ und $\overline{Zx}$ kommen und so zu jedem Punkte y, z etc. der Objectebene je ein Strahl von jedem Lichtpunkte X, Y, Z etc. ($\overline{Xy}$, $\overline{Yy}$, $\overline{Zy}$, $\overline{Xz}$, $\overline{Yz}$, $\overline{Zz}$ u. s. w.). Jetzt sind die Strahlen, die sich in den einzelnen Punkten der Objectebene kreuzen (z. B. $\overline{Xx}$, $\overline{Yx}$ und $\overline{Zx}$), nicht confocal, und auch die Strahlenkegel, deren Spitzen die Punkte der Objectebene sind, besitzen eine in höherem Grade verschiedene Apertur, als im vorher betrachteten Fall, besonders wenn keine Diaphragmen oder sonstige Vorrichtungen v o r der Objectebene in dem Wege der von einer unbegrenzt zu denkenden Lichtfläche herkommenden Strahlen stehen. Dann ist nämlich die belichtete Objectebene nur durch die Tischöffnung begrenzt, und die angulare Ausdehnung des Theiles der Lichtfläche, von welchem überhaupt Lichtstrahlen in die Ebene eines in Balsam montirten Objectes gelangen können, wäre 180°, wenn sie nicht durch die Construction des Mikroskops (Dicke der Tischplatte etc.) und andere Umstände mehr oder weniger stets beschränkt wäre. Wie übrigens in anderem Zusammenhange (p. 469 u. f., p. 516 u. f.) bereits auseinandergesetzt wurde, existirt also ein fundamentaler Unterschied zwischen der Beleuchtung mit und ohne Condensor. Mit Condensor kann der auf einmal zur Wirkung kommende Theil der Lichtfläche, welche als Lichtquelle dient, immer nur beschränkt sein, allerdings umso grösser, je grösser die Linsen, aus welchen der Condensor besteht (s. oben p. 484) aber von jedem Lichtpunkte gelangt eine grosse Anzahl von Lichtstrahlen zu einem bestimmten Punkte der Objectebene, und zwar umso mehr, je grösser die Linsen und die Apertur des Condensors: der Condensor concentrirt Lichtstrahlen, die sonst verschiedene Punkte der Objectebene treffen würden, falls sie überhaupt hingelangen, in einen bestimmteu Punkt. Ohne Condensor kann der zur Wirkung kommende Theil der Lichtfläche sehr gross sein, aber von einem Punkte der Lichtquelle gelangt nur ein Strahl zu einem gegebenen Punkte der Objectebene; allerdings können von zahlreichen Lichtpunkten Strahlen in einem Objectpunkte zusammentreffen. Es muss also eine bestimmte Ausdehnnug der Lichtquelle (eine bestimmte Anzahl von Lichtpunkten) geben, welche bei der Beleuchtung eines gewissen Punktes der Objectebene die Wirkung eines bestimmten Condensors compensirt (in welchem Fall der Punkt ebenso viele Strahlen, wie ihm von

Condensor zugeführt werden, auch ohne Condensor erhält). Da aber die Lichtquellen von der nothwendigen Leuchtkraft in der Praxis stets begrenzt, oft sehr geringer Ausdehnung sind, so erhalten wir mit dem Condensor eine stärkere Beleuchtung eines gegebenen Flächenelementes der Objectebene. Wir müssen es also wiederholen, dass der Name Condensor doch nicht lucus a non lucendo ist, wie Abbe ([5] p. 470) 1873 sagte.

Wir sahen nun, dass die Lichtkegel, deren Spitzen sich in den Punkten x, y, z etc. der Objectebene befinden, bei Beleuchtung ohne Condensor nicht confocale Strahlen enthalten. Und doch können sie, wie auf p. 517 u. f. gezeigt wurde, unter gewissen Bedingungen cooperiren. Ein grosser Theil der Strahlen, die von den Punkten x, y, z etc. in das Mikroskop gelangen und in je einem mit der Basis dem Objectiv zugekehrten Lichtkegel $\frac{1}{\overline{x}}$, $\frac{1}{\overline{y}}$, $\frac{1}{\overline{z}}$ etc. enthalten sind, befindet sich in derselben Schwingungsphase, falls die Kegel die maximale Apertur besitzen. Es ist, als ob ihr Focus die Punkte x, y oder z u. s. w. wären, sie können also diese Punkte durch das Mikroskop abbilden, oder wir können, um der Undulationstheorie gerecht zu sein, wenigstens annehmen, dass sich ihre vis viva in den conjugirten Punkten in der Objectivbildebene summirt.

Allerdings können, da die Strahlen $\overline{Xx}$, $\overline{Yx}$ und $\overline{Zx}$ z. B. nicht confocal sind, die gebeugten Strahlen, in welche sich der Strahl $\overline{Xx}$ beim Durchgang durch das Object spaltet, mit den gebeugten Strahlen, in welche sich der Strahl $\overline{Yx}$ oder $\overline{Zx}$ spaltet, nicht cooperiren. Für diesen Fall trifft also die Deduction von Abbe zu: die Strahlen von verschiedenem Einfallswinkel erzeugen verschiedene Diffractionsbilder. Ein Strahl für sich genügt aber zur Erzeugung eines wahrnehmbaren Diffractionsbildes nicht; wie eng man also auch die aus den Strahlen $\overline{Xx}$, $\overline{Yx}$, $\overline{Zx}$ etc. bestehenden Lichtkegel macht, das durch Diffraction entstandene Structurbild bleibt immer eine Superposition von verschiedenen, allerdings nicht so verschiedenen Bildern, als wenn man ohne Diaphragma beobachtet. Daraus folgt aber nur, dass die richtige Beleuchtung für Diffractionsbilder gewissermassen (nicht gleichzeitig die beste für die dioptrischen Bilder, die durch jene dem Object zugekehrte Lichtkegel erzeugt werden, welche ihren Focus in den Punkten x, y, z der Objectebene haben) nur mit einem aplanatischen Condensor in der Weise erzielt werden kann, dass man das Bild der Lichtquelle genau in die Objectebene projicirt. Wenn der Condensor wirklich aplanatisch wäre, wenn jedem Lichtpunkte je ein Punkt der Objectebene entspräche, so könnte ein Lichtkegel von der grössten Apertur benutzt werden, ohne dass das Bild (eines verschwindend dünnen Objectes wenigstens) eine Mischung von verschiedenen partiellen Bildern sein müsste. Und u. A. daraus erhellt endlich auch die Berechtigung der Forderung von aplanatischen Condensoren.

In allen Fällen besitzt aber, wie auf p. 514 u. f. experimentell, an *Triceratium* gezeigt wurde, das mit dem engsten Lichtkegel erzeugte Bild die geringste Objectähnlichkeit, weil darin das Diffractionsbild, die Interferenzwirkung, den grössten, das dioptrische Bild den geringsten Antheil hat. Die Interferenzwirkung desselben, in der hinteren Brennebene des Objectivs verbleibenden Diffractionsspectrums wird auf die der Ebene des

deutlichen Sehens in Bezug auf das Ocular conjugirten verschiedenen Ebenen beim Heben und Senken des Tubus verschieden sein, oder dieselbe Wirkung wird sich bei gewissen Einstellungen cyclisch wiederholen. Unter den 15 Bildern, die man durch verschiedene Einstellung bei *Triceratium* favus scharf zu sehen bekommt, wiederholt sich ein gewisses Bild (Pleurosigma-Bild mit grossen Scheiben) zweimal; das von unten gezählt erste und zehnte Bild ist ganz gleich. Ist das nach ABBE mit dem engen centralen Lichtkegel erhaltene Bild im Allgemeinen das objectähnlichste, welchem von den 15 Triceratiumbildern kommt dann dieses Attribut zu? Da sie sehr verschieden sind, können doch nicht alle objectähnlich sein! In der That ist keines der Bilder der auf anderem Wege ermittelten wirklichen Objectstructur conform.

Für gefärbte Präparate, wo das Bild des nicht gefärbten unterdrückt werden soll, erkennt auch ABBE (p. 723) die Richtigkeit der ROBERT KOCH-schen Beleuchtungsmethode mit der vollen Apertur des Condensors an, weil die gefärbten Elemente des Objectes nur durch Absorption wirken und deshalb gleiche Diffractionsspectren für verschieden geneigte Strahlen erzeugen, während ungefärbte histologische Elemente durch abweichende Brechung und Retardation des hindurchgelassenen Lichtes wirken und demnach ungleichen Diffractionsspectren, damit ungleichen Elementarbildern Ursprung geben, deren Vermischung eine Auslöschung zur Folge hat. Ich stelle mir zwar die Entstehung eines reinen Absorptionsbildes anders vor, wir sehen aber, dass auch die Diffractionstheorie dazu führt, dass die grösste Objectähnlichkeit der Abbildung feiner Structuren in den reinen Absorptionsbildern zu erwarten ist. Um consequent zu sein, muss indessen die verallgemeinerte ABBE'sche Theorie auch das KOCH'sche Farbenbild dann für am objectähnlichsten halten, wenn es mit dem engsten Beleuchtungskegel entsteht, da sie ja das mikroskopische Bild nicht selbstleuchtender Objecte allgemein als die Interferenzwirkung des reellen Diffractionsspectrums auf die Ebene des Objectivbildes auffasst, einerlei ob das Object eine beugende Wirkung im gewöhnlichen Sinne ausübt oder nicht. Jedes Elementarbündel des weiten Lichtkegels müsste auch hier für sich, unabhängig vom anderen Elementarbündel, ein besonderes, verschiedenes Elementarbild erzeugen, und das ganze Farbenbild müsste ebenfalls eine Superposition der verschiedenen Elementarbilder sein, von welchen das durch das axiale Elementarbündel erzeugte das objectähnlichste wäre. Da jedoch Farbenbilder n u r mit weiten Lichtkegeln zu erhalten sind, ausser in dem kaum zu verwirklichenden Fall, dass das Präparat absolut keine Lichtbrechungsunterschiede und keine undurchsichtigen Stellen aufwiese, so muss die Theorie der secundären Abbildung die Farbenbilder bei der Untersuchung von Structurverhältnissen mit geringen linearen Ausmassen überhaupt verpönen. Billigt sie ABBE, so ist das eine Concession, welche er, obwohl im Widerspruch zu seiner Theorie, den Thatsachen nicht verweigern kann.

1890 POWELL & LEALAND [2] kommen in diesem Jahre mit einem a p o c h r o m a t i s c h e n C o n d e n s o r von 1·40 N. A. Die frühere drehbare Scheibe mit den verschiedenen Oeffnungen der POWELL & LEALAND'schen Condensoren ist hier merkwürdiger Weise nicht durch die Irisblende, sondern durch einen ausklappbaren und in der Höhe verstellbaren Diaphragmen-

träger ersetzt. Der eben erwähnten Forderung eines Aplanatismus ist hier in dem höchsten, heute überhaupt erreichbaren Grade Genüge geleistet. (Um den Aplanatismus praktisch ausnützen zu können, gehört dazu noch die Correctionsfassung des Condensors, s. w. u.) Die so genannte kritische Beleuchtung für Diffractionsilder ist erreicht, wenn ein scharfes Bild der Lichtquelle genau in der gerade eingestellten Objectebene entsteht. Für das dioptrische Refractionsbild und für das reine Absorptionsbild ist, wie schon gesagt und gleich weiter ausgeführt werden soll, nicht das die beste Beleuchtung. In diesem Jahre bringt die Firma Powell und Lealand auch für schwächere Vergrösserungen einen neuen, achromatischen Condensor von 1·00 N. A. aus einer Doppellinse und zwei einfachen Linsen (s. bei Nelson [1] p. 92). — Bausch & Lomb [3]: eine neue Montirung des hemisphärischen Condensors. — Van Heurck [13] beschreibt die Batterie von Radiguet und die von Engelmann angegebene Glühlampe.

In seiner „Einführung in das Studium der Bakteriologie" beschäftigt sich Carl Günther [1] 1890 sehr eingehend mit der Robert Koch'schen Beleuchtungsmethode. Als die beste Einstellung des Condensors für das Absorptionsbild bezeichnet er, auf der erwähnten Angabe von Koch [1] 1877 fussend, diejenige, bei welcher das Bild der Lichtquelle genau in die Objectebene projicirt und gleichzeitig mit dem mikroskopischen Bilde des Objectes sichtbar ist (p. 56 in [1a] aus 1895). Nach Günther ist das Princip, die Beleuchtung maximal zu machen, identisch mit dem Principe, das Bild der Lichtquelle in das zu beobachtende Object zu projiciren (p. 73 von [1a]), und er empfiehlt dieses Princip der maximalen Beleuchtung (p. 90 von [1]), von welchem er später behauptet, es zuerst in dieser Fassung aufgestellt zu haben (p. 73 von 1a), ganz allgemein für das mikroskopische Arbeiten. Hat man nun eine gute Mikrometerschraube am Mikroskop und Objective von grosser Apertur nebst einem guten, am besten achromatischen Condensor zur Verfügung, so kann man sich leicht überzeugen, dass die maximale Helligkeit nicht dann erreicht ist, wenn das Bild der Lichtquelle in die Objectebene, sondern etwas höher projicirt ist, und zwar in die Ebene der vorderen Oeffnung des Objectivs. Dort, wo Koch ersteres empfohlen hat, handelt es sich um das Photographiren von meist ungefärbten Bacterienpräparaten, und für das Diffractionsbild ist diese Stellung des Condensors, wie eben gezeigt wurde, in der That die richtigste, nicht aber für das Absorptionsbild. Für dieses muss das Bild der Lichtquelle in die Ebene der vorderen Oeffnung des Objectivs projicirt werden. Auf diese Weise bekommt man Structurverhältnisse in scharfen und experimentell nachweisbar, sicher objectähnlichen Bildern zu sehen, deren Unterscheidbarkeit man sonst, vom Standpunkt der Abbe'schen Theorie einseitig urtheilend, vielleicht für unmöglich halten würde.[1] Diese Thatsache erkläre ich mir dadurch, dass das Projiciren des Bildes der Lichtquelle, also gewissermassen das Versetzen der Lichtquelle in die Objectivöffnung die Helmholtz'sche Oeffnungsbeugung, zum Theil wenigstens, beseitigt. Denn eine

[1]) Sagt aber z. B. ein Semi Meyer ([1] in einer jüngst erschienenen Schrift), dass die von mir in meiner Arbeit über Neurofibrillen (Apáthy [11]) gemachten „Behauptungen" allen Gesetzen des mikroskopischen Sehens

Oeffnungsbeugung scheint, wie gesagt, für die dioptrische Componente des mikroskopischen Bildes doch stets zu existiren, wenn sie auch auf den auf secundärem Wege entstandenen Antheil, auf das Interferenzbild keinen Einfluss hat. Aus dem reinen Absorptionsbilde ist aber letztere Componente eliminirt, also muss sich die Beseitigung der Oeffnungsbeugung in diesem Fall in der Verbesserung des Bildes kund geben. Bei dem auf p. 490 erwähnten Versuch von HELMHOLTZ [2] war eine Verbesserung deshalb nicht zu sehen, weil das Object selbst eine starke Diffraction der Strahlen verursachte.

Bei unserer Anordnung giebt es keine Bildpunkte der ursprünglichen Lichtpunkte in der Ebene des vom Objectiv entworfenen Bildes, wie beim Projiciren des Bildes der Lichtquelle in die Objectebene, sondern die von den Lichtpunkten X, Y, Z etc. stammenden confocalen Strahlen erreichen erstere Ebene divergirend und verursachen eine gleichmässige diffuse Helligkeit derselben, welche gleichzeitig auch die maximale Helligkeit des Gesichtsfeldes involvirt, die wir mit einem gegebenen Condensor erreichen können. Die Lichtquelle brauchen wir ja nicht zu sehen; wenn wir sie gleichzeitig mit dem Object sehen, so verursacht das selbst schon eine mehr oder weniger ungleichmässige Helligkeit des blendenden Gesichtsfeldes; umso mehr brauchen wir die maximale Helligkeit des gleichmässig weissen Gesichtsfeldes, weil wir nicht Helligkeitsunterschiede, sondern Farbenunterschiede, die das Object verursacht, erkennen wollen. Und es ist leicht einzusehen, dass das meiste Licht dann in das Mikroskop und bis in die objective Bildebene gelangt, wenn sich die zu den Lichtpunkten X, Y, Z etc. conjugirten Bildpunkte in der vorderen Oeffnungsebene des Objectivs befinden. Gleichzeitig gehen, wenn die andere Hauptbedingung des idealen Absorptionsbildes erfüllt ist, wenn die Lichtbrechungsunterschiede im Präparat ausgeglichen sind, durch jeden Punkt der Objectebene, falls der Punkt Licht überhaupt durchlässt, nach allen von der Apertur des Beleuchtungsapparates gegebenen Richtungen Lichtstrahlen, und die Punkte der Objectebene verhalten sich (s. auch w. u.) dem Objectiv gegenüber wie selbstleuchtende Punkte (eventuell wie lichtlose Punkte), die in der ihnen conjugirten Ebene nach dioptrischen Gesetzen abgebildet werden (eventuell als schwarze Punkte erscheinen). Die Lichtstrahlen, die in den einzelnen Objectpunkten zusammentreffen, sind natürlich auch jetzt nicht confocal, zur Abbildung der Lichtpunkte, welche sie ausstrahlen, können sie nicht zusammenwirken, was wir auch nicht brauchen. Sie wirken aber, ebenso wie in dem oben erörterten Fall der Beleuchtung ohne Condensor oder Hohlspiegel, zusammen in der Erzeugung des Bildes der Punkte der Objectebene, von welchen sie sich weiter in das Objectiv begeben. Während ohne Condensor von jedem Objectpunkt eine geringere Anzahl Lichtstrahlen in weniger verschiedenen Richtungen ausgeht oder, bei Anwendung von Diaphragmen und wenn Lichtbrechungsverschiedenheiten im Präparat bestehen, von gewissen Punkten überhaupt keine Lichtstrahlen in das Objectiv gelangen, wenn auch der Punkt an und für sich durchsichtig ist: gehen mit

Hohn sprechen, so beweist das nur, dass der Betreffende keine Ahnung davon hat, wie ein anständig differenzirtes Präparat bei richtiger Beleuchtung aussehen kann.

Condensor auch in diesem Fall zahlreichere Strahlen in verschiedenen Richtungen von jedem Objectpunkte aus, und es giebt trotz der Lichtbrechungsverschiedenheiten im Präparat, ausser wenn diese im Verhältniss zur Apertur des Condensors sehr gross sind, keinen durchsichtigen Punkt, von welchem nicht Lichtstrahlen in das Objectiv gelangen könnten. Es wird nämlich immer genug zahlreiche Lichtstrahlen unter den mit sehr verschiedener Neigung einfallenden geben, welche trotz der Lichtbrechungsverschiedenheit innerhalb des Oeffnungswinkels des Objectivs bleiben, weder zu stark abgelenkt, noch total reflectirt werden, sondern, mit gleicher Phase vom betreffenden Objectpunkt ausgehend, ihn abbilden. Also wird es keine dunklen Conturlinien geben, aber auch keine hellen Säume oder Flecke. Doch gehört das schon zur gleich folgenden weiteren Besprechung der Vortheile des Absorptionsbildes vor dem Refractions- und Diffractionsbild.

Wenn man die richtige Stellung eines aplanatischen Condensors getroffen hat, so sieht man beim Hineinsehen in das Mikroskop, nach Einstellung des Objectes und nach Wegnahme des Oculars, im Oeffnungsbilde des Objectivs ein verkehrtes Bild der Lichtquelle. Mit den mit chromatischer und sphärischer Aberration stark behafteten, gewöhnlich gebrauchten Condensoren ist eine genaue Ermittelung der richtigen Stellung eigentlich nicht möglich, weil diese für die rothen und blauen, für die axialen und schiefen Strahlen des Lichtkegels verschieden ist. Man muss sie durch Probiren feststellen. Auf jeden Fall erfolgt sie erst dann, wenn beim Heben des Condensors das bei zu tiefer Stellung desselben sichtbare, aufrechte Bild der Lichtquelle schon verschwunden und das verkehrte bereits aufgetreten ist. (Dieser Vorschlag von mir steht praktisch sehr nahe zu dem von Nelson [19] gemachten, bei Carpenter [2] auf p. 255 citirten.) Hat man für ein starkes Objectivsystem die richtige Einstellung getroffen, und will man die Lage der Lichtquelle zur Objectebene mit einer schwachen Vergrösserung beobachten, so kann es vorkommen, dass man Object und Lichtquelle gleichzeitig sieht. Das kommt davon, dass die schwache Vergrösserung eine grössere Tiefe (Penetration) besitzen kann, als der Niveau-Unterschied zwischen der Objectebene und der Ebene des für die starke Vergrösserung richtig projicirten Bildes der Lichtquelle, nämlich der Ebene der unteren Objectivöffnung. Dieser Umstand mag mit an dem Irrthum schuld gewesen sein, dass man das Bild der Lichtquelle auch für Absorptionsbilder in die Objectebene projiciren zu müssen glaubte. Aus dem Gesagten folgt auch die oben p. 433 erwähnte Verschiedenheit der Höhe der richtigen Condensorstellung für verschiedene Objective, verschiedene Beobachter (je nach ihrer Sehweite), verschiedene Entfernung der Lichtquelle, für verschiedene Montirung des Präparates (der gesammten Dicke und Lichtbrechung) und verschiedene Condensorsysteme, auch wenn derselbe Charakter des Bildes, ein reines Absorptionsbild erstrebt wird. Dagegen hängt die Stellung des Condensors für das Diffractionsbild nur von der Brennweite des Condensors, der Entfernung der Lichtquelle und der Montirung des Präparates ab. Bei homogener Immersion des Condensors und des Objectivs wird der Einfluss des letzteren Factors auf ein Minimum reducirt.

Manche werden das auf die erwähnte Weise erhaltene Licht für ihr Auge zu stark finden. Dann dürfen sie sich ja nicht durch Senken des

Condensors oder Zuziehen der Irisblende zu helfen suchen; am besten legen sie eine Rauchglasscheibe in den Diaphragmenträger des Condensors oder auf den Diaphragmenring des Oculars. Anders gefärbte Gläser, z. B. blaue, sind (ausser etwa bei sehr gelbem Lichte) nicht zu empfehlen; schon die geringste Färbung des freien Gesichtsfeldes kann sehr zarte und schwach tingirte Elemente verdecken.

Ein anderer Irrthum der Günther'schen Anleitung ist, dass man mit dem Abbe'schen Beleuchtungsapparat, ausser bei sehr schwachen Vergrösserungen mit Lampenlicht, stets den Planspiegel benutzen muss (p. 57 von [1a]). Diese der Zeiss'schen Gebrauchsanweisung zum Abbe'schen Beleuchtungsapparat (1888) entlehnte Regel ist, wie wir bereits auf p. 460 u. f. sahen, keineswegs ohne Ausnahme. Bei Immersionscondensoren ist der Hohlspiegel stets bequemer, weil beim Planspiegel der Zwischenraum zwischen der obersten Linsenfläche des Condensors und der unteren Fläche des Objectträgers meist so gross ist, dass es schwer fällt, ihn mit Oel zu füllen, ohne Luftblasen hineinzubekommen; man muss, wie schon gesagt, ein Stückchen Spiegelglas von passender Dicke hineinlegen, um weniger Oel zu brauchen. Für Diffractionsbilder ist der Hohlspiegel beim Immersionscondensor auch besser, ebenso für Absorptionsbilder, wenn man das p. 463 erwähnte Stückchen Pauspapier auf die untere Fläche des Objectträgers legt. Sonst muss man bei mittelstarken und starken Vergrösserungen den Planspiegel mit dem Condensor benützen, so oft man die dioptrische Componente des mikroskopischen Bildes möglichst rein (ein reines Refractions- und Absorptionsbild) bekommen will. Falsch ist auch die Motivirung der bei Günther angegebenen Regel: man soll deshalb den Planspiegel brauchen, damit die Lichtstrahlen parallel in den Abbe'schen Apparat eintreten. Erstlich gehen von jedem Punkte des als secundäre Lichtquelle zu betrachtenden Planspiegels, wie schon Nägeli und Schwendener (s. oben p. 468) betonten, divergirende Strahlen aus, und wir zeigten, dass die lichtcondensirende Wirkung des Condensors gerade darin besteht, dass er die von einem Punkte der primären Lichtquelle ausgehenden Strahlen wieder zu einem Punkte (oder wenigstens in einem kleinen Flächenraum) vereinigt. Uebrigens functionirt der Abbe'sche Beleuchtungsapparat sogar bei ganz naher Lichtquelle, von welcher stark divergirende Strahlen seine Vorderlinse treffen, sehr gut. Die einzig wesentliche Wirkung der mit den Mikroskopirlampen verbundenen Sammellinsen ist auch nichts weiter, als dass sie eine grössere secundäre Lichtfläche liefern, als die der ursprünglichen Lichtquelle. Wenn man die Lichtquelle in ihren Focus stellt, so hat das darin seinen guten Grund, dass man so, durch die Linse gegen die Lichtquelle blickend, nicht, mehr oder weniger scharf gezeichnet, letztere, sondern in der ganzen Ausdehnung der Linse eine gleichmässig leuchtende Fläche sieht, von welcher wieder nach vielen Richtungen Licht ausstrahlt. Das ist weniger wesentlich, dass die Linse in verschiedenen Richtungen, den einzelnen Lichtpunkten der Lichtquelle entsprechend, je ein Bündel von parallelen Strahlen entsendet.

R. L. Maddox [12] beschreibt seinen Glasstab-Illuminator, dessen Princip er schon im vorigen Jahre (1889 [12a]) als etwas Neues veröffentlichte. Die Verwendung von Glascylindern statt Linsen als Condensoren ist, wie wir sahen, 1889 keineswegs neu gewesen. Diese Art von Beleuchtung

nannten wir Beleuchtung mit einem Lichtkeil und erwähnten weiter oben den Unterschied in der Wirkung des Lichtkeils, welcher mit dem WENHAM'schen disk-illuminator oder mit einem Linsencondensor und Schlitzdiaphragma einerseits und mit einem Glascylinder andrerseits erzeugt wird. Wir müssen auf diesen Unterschied hier kurz noch einmal zurückkommen. Der Halbmesser der Scheibe des „disk-illuminators" und die Richtung des Schlitzes im Schlitzdiaphragma des Condensors muss vertical auf der aufzulösenden Streifung (z. B. parallel mit der Längsachse des *Amphipleura*-Panzers) stehen, weil hier die mit der optischen Achse den grössten Winkel bildenden, d. h. schiefsten Strahlen in einer mit dem Scheibenhalbmesser und dem Schlitze parallelen Ebene liegen. Dagegen liegen diese in dem durch Glascylinder erzeugten Lichtkeil in einer auf der mit der Cylinderachse parallelen Keilkante verticalen Ebene, also muss die Keilkante, d. h. die Achse des Cylinders, parallel mit der aufzulösenden Streifung stehen (z. B. vertical auf der Längsachse des *Amphipleura*-Panzers). Im ersteren Fall ist der Lichtkeil, von der chromatischen und sphärischen Aberration abgesehen, aus einer Reihe (oder je nach der Breite des Schlitzes mehreren Reihen) von spitzen Lichtkegeln zusammengesetzt, deren auf die Achse verticaler Durchschnitt eine Ellipse ist mit der viel grösseren langen Achse parallel zur Keilkante; im letzteren Fall ist — parallele Strahlen vorausgesetzt — der Lichtkeil aus einer Reihe von kreissectorförmigen Strahlenblättern zusammengesetzt, welche vertical auf der Keilkante stehen. Im ersteren Fall ist die Keilkante viel kürzer als im letzteren, und dem entsprechend der Lichtkeil viel intensiver. Aber der mit dem Glascylinder erzeugte Lichtkeil besitzt eine einfachere Zusammensetzung und würde deshalb für manche Zwecke (natürlich für Diffractions-, ausnahmsweise auch Refractionsbilder) den Vorzug verdienen, wenn man den Glascylinder achromatisch machen und irgendwie (durch Combination von mehreren Cylindern) auch die sphärische Aberration beseitigen könnte. Dann wäre allerdings dieser Beleuchtungsapparat nicht mehr ein einfaches, billiges Surrogat der sonstigen Condensoren, wofür ihn MADDOX besonders vorgeschlagen hat. Der Vortheil der Lichtkeile besteht für Diffractionsbilder, namentlich beim Auflösen von Merkmalen in paralleler, linearer Anordnung, darin, dass sie eine maximale Zahl von Lichtstrahlen, die durch die Objectstructur in einem bestimmten Sinne Beugung erleiden und, falls sich die Kante des Lichtkeils genau in der Objectebene befindet, für jeden einzelnen Punkt auch confocal sind, enthalten, dagegen eine minimale Zahl von nicht gebeugten oder in einem anderen Sinne gebeugten Strahlen zur Wirkung kommen lassen. Dadurch wird ein gewisser Beugungseffect am besten sichtbar; und durch Drehen der Lichtkeilkante in der Objectebene kann der Beugungseffect des Objectes nach allen Richtungen ermittelt werden. Bei sonstigen ernstlichen, wissenschaftlichen Beobachtungen, namentlich bei der wichtigsten Art, bei der der Absorptionsbilder, hat diese Beleuchtungsweise gar keinen, also im Allgemeinen einen geringen Werth.

O. KAISER [2] empfiehlt, mit Naphthylaminbraun tingirte Rückenmarkschnitte bei Dunkelfeldbeleuchtung zu beobachten: ein Nothbehelf, um die schlecht tingirten Präparate bei schwachen Vergrösserungen leichter topographisch durchmustern zu können. Die richtig angewandte Dunkelfeld-

beleuchtung ist eine Differenzirungsmethode des nicht tingirten oder lebenden Objectes. — W. M. LIGHTON [8] modificirt das 1878 ([1], s. oben p. 500) beschriebene Oculardiaphragma für Dunkelfeldbilder; er macht es allgemeiner brauchbar, aber nicht weniger überflüssig. — Die „Illuminating Cell" von F. O. JACOBS [] ist im Wesentlichen ein LIEBERKÜHN'scher Spiegel, welcher aber nicht auf das Objectiv geschraubt, sondern auf das Präparat gelegt wird. — GUSTAV SELLE [1], auch [1a] 1891: ein Vertical-Illuminator mit einem Concavspiegel über dem Objectiv, nur einen Theil der oberen Oeffnung des letzteren verdeckend. Nichts wesentlich Neues.

1891 E. M. NELSON [1] giebt eine historisch-kritische Besprechung der verschiedenen seit WOLLASTON eingeführten Condensoren. Er rectificirt manche landläufige Irrthümer; nur schade, dass er hier und da selbst nicht genau distinguirt. Auf p. 94 sagt er zum Beispiel, dass es optisch ganz gleichgültig sei, ob man das Diaphragma über oder unter dem Condensor anbringt. Gleichgültig ist nur, ob man das Diaphragma dicht unter dem Condensor oder über dem Condensor in der Ebene der obersten, dem Objectiv zugekehrten Linsenfläche des Condensors anbringt. Je mehr sich die Diaphragmenöffnung von dieser Basalfläche des aus dem Condensor austretenden Lichtkegels entfernt und der Objectebene, überhaupt der Spitze des Lichtkegels nähert, umso weniger wird dieselbe Diaphragmenöffnung die Apertur des Kegels einengen, umso mehr aber das belichtete Feld der Objectebene reduciren, nicht als Aperturblende, sondern als Sehfeldblende wirken. Dieselbe Eigenschaft bekommt die Diaphragmenöffnung, natürlich in noch höherem Grade, wenn sie sich weiter von der vorderen Condensorlinse entfernt und der Lichtquelle nähert; dabei vermindert sie aber gleichzeitig auch die Intensität der Beleuchtung: das gesammte für das Mikroskop ausnützbare Leuchtvermögen der als secundäre Lichtquelle wirkenden Diaphragmenöffnung ist viel geringer als das der ursprünglichen Lichtquelle.

Nach NELSON besteht die Wichtigkeit des Condensors darin, dass er einen Beleuchtungskegel von bestimmter grosser Apertur liefert. („It is a cone-producer" — sagt er p. 96 — „wherein the efficacy of the condensor lies.") Er hält den „3/4Conus" für die beste Beleuchtung für das gegenwärtige Mikroskop; darunter versteht er, dass 3/4 der von oben gesehenen Objectivöffnung von Licht erfüllt sei. Dies findet z. B. bei einem Objectivsystem von 1·40 Apertur dann statt, wenn die effective Apertur des Condensors 1·00 ist. Das ist aber nach meiner Erfahrung keineswegs immer die beste Beleuchtung, obwohl sie einem, der es nicht gewohnt ist, reine Absorptionsbilder bei grossen Aperturen zu beobachten, am angenehmsten erscheinen kann. Bei dieser Apertur des Condensors mischt sich dem Absorptionsbilde noch immer etwas vom Refractionsbild (sogar vom Diffractionsbild) bei; die Zeichnung des Bildes ist schärfer, allerdings schon etwas gefälscht, und das Bild hat auch eine gewisse, wenn auch sehr geringe Tiefe, welche die meisten Beobachter nicht entbehren können. Für das reinste Absorptionsbild von maximaler Objectähnlichkeit gehört aber zu einem Objectivsystem von 1·40 N. A. ein Condensor von mindestens derselben Apertur, also ein Immersionscondensor, dessen volle Apertur auf einmal zur Wirkung kommt. Ein solcher ist (bei bestimmter Anwendung, s. oben p. 463) sogar für die schwierigsten Diffractionsbilder am besten; eine *Amphipleura* pellucida

kann ich damit am leichtesten in Perlen auflösen. (Es ist übrigens noch zu beweisen, ob das Perlenbild auch bei dieser Beleuchtung ein reines Diffractionsbild ist, s. w. u.). Und den grössten Werth des Condensors sehe ich darin, dass er eine gleichmässige sehr intensive Beleuchtung des Gesichtsfeldes und besonders das ermöglicht, dass jeder Punkt des Objectes von Lichtstrahlen in sehr zahlreichen, verschiedenen Richtungen getroffen wird, und so jeder überhaupt durchsichtige Punkt des Objectes die Eigenschaften eines selbstleuchtenden Punktes erhält, weil davon Lichtstrahlen, wenn auch nicht immer in allen, so doch stets in sehr verschiedenen Richtungen mit der gleichen Phase ausgehen (s. oben p. 517 u. f. und p. 553 u. f.).

Schon NELSON's Auffassung steht in einem schroffen Gegensatze zur oben besprochenen Deduction ABBE's [9], welcher einen centralen Lichtkegel von minimaler Apertur als das Optimum in Bezug auf Objectähnlichkeit betrachtet. NELSON hält diesen Aufsatz ABBE's für einen der gefährlichsten, die je publicirt wurden (p. 96). Er sucht die Conclusion ABBE's zu widerlegen, aber auf einem ganz anderen Wege, als wir es thaten. Er giebt die Prämisse ABBE's, dass der weite Beleuchtungskegel zu jedem Element der Objectebene eine grosse Anzahl verschieden einfallender Elementarkegel sendet, welche incohärent sind und im Erzeugen eines und desselben Bildes des betreffenden Punktes der Objectebene nicht cooperiren können. Er sucht aber auf Grund der Diffractionstheorie zu zeigen, dass dabei mehrere nahezu gleiche und in hohem Grade objectähnliche Bilder sich decken und verstärken werden, während die unähnlichen einander auslöschen. Eigentlich widerlegt er also ABBE nicht, weil er nicht die Nothwendigkeit der im Allgemeinen behaupteten Incohärenz der Lichtstrahlen eines weiten Kegels, dessen Spitze der Objectpunkt ist, widerlegt, wie wir es gethan zu haben glauben. Er geht von den von EICHHORN nach Berechnung postulirten Zwischenpunkten im mikroskopischen Bilde von *Pleurosigma* angulatum („Eichhorn intercostal image" p. 97, 101 etc.) aus und behauptet, dass erstens EICHHORN aus den ihm vorgelegten 6 Diffractionsspectren erster Ordnung nicht mit Recht auf die Existenz jener Punkte schliessen konnte, und zweitens, dass die von ABBE, STEPHENSON und anderen gesehenen und als die von EICHHORN postulirten gedeuteten Punkte falsche Diffractionsgespenste („false diffraction ghost" p. 101) sind, demnach nichts mit dem auf die wahre Objectstructur beziehbaren wahren Diffractionsbildern („true diffraction image") zu thun haben. Da nun falsche Diffractionsgespenste, wie die EICHHORN'schen Punkte, nur mit engen Beleuchtungskegeln zu sehen sind, der weite Beleuchtungskegel dagegen wahre Diffractionsbilder zeigt, so ist es überhaupt nicht richtig erstere zu benutzen und letztere zu verpönen.

Ich glaube aber, dass NELSON's Beweisführung, wie richtig auch seine These ist, mehrere Irrtümer enthält. Zunächst zieht er die Rolle der Lichtbrechung im Erzeugen des mikroskopischen Bildes gar nicht in Betracht. Bei dem Verhältniss von Apertur und Objectstructur, welches zwischen den Apochromaten von 1·40 N. A. und der Structur von *Pleurosigma* angulatum vorhanden ist, ist der Antheil des Refractionsbildes an dem gesammten mikroskopischen Bild, besonders bei Anwendung von polarisirtem Lichte, schon ganz gut im Deuten der Structur zu verwerthen, wie ich es in diesem

Jahre (Apáthy [11]) gezeigt habe, umso mehr also bei den anderen, viel gröberen Objecten, die Nelson noch heranzieht, z. B. bei *Triceratium*. Er unterscheidet dreierlei auf Diffraction beruhende Bilder (p. 97-98): a) das wahre Diffractionsbild, welches bei weiten Lichtkegeln entsteht und das „kritische", d. h. richtige Bild ist; b) das wahre Diffractionsgespenst, welches bei engen Beleuchtungskegeln entsteht, aber in der Objectstructur wirklich Begründetes zeigt; c) das falsche Diffractionsgespenst, welches ebenso, aber bei unrichtiger Einstellung entsteht und keiner wahren Objectstructur entspricht, weil dabei nicht auch die Diffractionsbündel erster Ordnung, sondern nur die der zweiten Ordnung betheiligt sind. Das Diffractionsbild ist dadurch gekennzeichnet, dass es bei der geringsten Veränderung der Einstellung des Mikroskops verschwindet; dagegen geht das Diffractionsgespenst bei Veränderung der Einstellung in ein anderes, verschiedenes Bild über. Die nach C. J. A. Leroy's [1] Versuchen selbst bei den besten Objectiven bedeutende sphärische Aberration verursacht, dass ein und derselbe Punkt für verschiedene Zonen des Objectivs bei verschiedener Einstellung des Mikroskops eingestellt ist; die bei hoher Einstellung thätige centrale Zone lässt die Diffractionsbündel erster Ordnung, die bei tieferer Einstellung thätige peripherische Zone die Diffractionsbündel zweiter oder dritter Ordnung zur Wirkung kommen, ohne das im ersteren Fall die Diffractionsbündel zweiter, im zweiten Fall die der ersten Ordnung mitzuwirken brauchten. Dadurch können von einer und derselben Ebene des Objectes zwei ganz verschiedene Bilder entstehen. Diese zonale Zerklüftung der Thätigkeit des Objectivs macht sich umso fühlbarer, je enger der Beleuchtungskegel ist. Ist er weit, so ist sie nicht bemerkbar, weil die verschieden geneigten Elementarkegel verschiedene Zonen des Objectivs gleichzeitig in der Abbildung desselben Punktes mitwirken lassen. Was speciell *Pleurosigma* angulatum anbelangt, so erzeugen bei hoher Einstellung die sechs Diffractionsbündel erster Ordnung sammt dem dioptrischen Bündel das wahre Diffractionsgespenst; die sechs Diffractionsbündel zweiter Ordnung erzeugen bei tiefer Einstellung das falsche Diffractionsgespenst, und das sind die Eichhorn'schen Punkte. In Betreff der Beweisführung Nelson's, so verweise ich zunächst auf die p. 514 herangezogene grosse Anzahl der Bilder von *Triceratium*, welche innerhalb eines Spielraumes von 250 μ bei verschiedener Einstellung zu sehen sind, also ganz anders erklärt werden müssen. Zweitens ist die zonale Zerklüftung der Thätigkeit bei achromatischen Objectiven viel geringer, und die Verschiedenheit der verschieden eingestellten Bilder doch ebenso gross, wie bei den achromatischen Objectiven älterer Construction. Drittens sehe ich die Eichhorn'schen Punkte mit einem apochromatischen Objectiv von 0·95 N. A. der Firma Zeiss (3 oder 4 mm Aequiv.-Brennw.) bei genau centraler Beleuchtung ganz ebenso gut, wie mit einem von 1·40 N. A. (2 oder 3 mm Brennw.). Das wäre nicht möglich, wenn diese Punkte auf Zusammenwirkung der Diffractionsbündel zweiter Ordnung beruhten, weil solche in die Apertur 0·95 bei centraler Beleuchtung gar nicht hineingehen. Nelson betont ja p. 98 selbst, dass kein falsches Diffractionsgespenst entstehen kann, wenn die betreffende Structur so fein ist, dass die Apertur des benutzten Objectivs keine Diffractionsbündel zweiter Ordnung aufnimmt. Dem gegenüber suchte ich zu

zeigen, dass in der Verschiedenheit des Bildes bei verschiedener Einstellung gelegentlich auch Refractionserscheinungen und der Umstand mitspielen kann, dass bei einem engen Beleuchtungskegel jedes Element des Objectes nicht nur dann, wenn es genau im Focus ist oder innerhalb der Focaltiefe liegt, einen Einfluss auf die Lichtverteilung im Gesichtsfelde hat, sondern innerhalb eines Spielraumes von mehreren (10,15 oder noch mehr) Mikren über und unter der Ebene der genauen Einstellung (s. Apáthy [9] p. 63-66, besonders p. 64), worauf wir gleich zurückzukommen haben. So wären die Zwischenpunkte sehr gut, auch ohne Betheiligung von Diffractionserscheinungen, auf Grund der von mir mehr experimentell festgestellten wirklichen Beschaffenheit des *Pleurosigma*-Panzers (s. Apáthy [10], Figur 4 und 6) zu erklären. Dieser besteht aus einer Lage von isodiametrischen Quarzkörnchen, welche zwischen zwei dünnen Membranen in Querreihen alternirend angeordnet sind; dadurch entstehen Zwischenräume, welche in der Mitte zwischen je drei Quarzkörnchen am weitesten sind und nahezu dreieckige Felder bilden. Sind die Panzer in Luft eingeschlossen, so enthalten die dreickigen Felder Luft. Stellt man in diesem Fall bei etwas eingeengtem Beleuchtungskegel hoch auf die Körnchen ein, so erscheinen diese hell, leuchtend in dunkler Umgebung, deren dunkelste Punkte in der Regel nicht die Centren der dreieckigen Felder sind; letztere erreichen aber nie die Helligkeit des freien Gesichtsfeldes; stellt man dagegen tief ein, so erscheint die Mitte der Quarzkörnchen etwa so, wie früher die Mitte der dreieckigen Felder; diese sind aber jetzt heller als früher, wenn auch nicht so leuchtend, wie früher die Quarzkörnchen. Die hellen Centren der dreieckigen Zwischenfelder könnten die angeblichen Eichhorn'schen Punkte sein, welche Stephenson und andere gesehen haben. Ist der Panzer in einem stärker als Quarz brechenden Medium eingeschlossen und dringt auch das Medium in die Zwischenräume der Quarzkörnchen ein, so müsste die Lichtvertheilung bei hoher und tiefer Einstellung umgekehrt sein. Das Einschlussmedium (namentlich das sehr stark brechende Realgar-Medium von H. L. Smith [7] 1885, welches van Heurck [8] p. 261-263 mit Vorliebe bei seinen Diatomeenpräparaten anwendet) dringt aber nicht einmal in einem und demselben Panzer überall gleichmässig ein, sondern es kann Luft zwischen den Quarzkörnchen bleiben. Daher kommt es, dass man die Körnchen im selben Präparat bald bei hoher, bald bei tiefer Einstellung, demnach auch die Zwischenpunkte bald bei tiefer, bald bei hoher Einstellung am hellsten sieht. Ebenso könnte man zeigen, dass gewisse Verschiedenheiten der Bilder bei einem weiten Lichtkegel und bei einem etwas engeren, bei tiefer und hoher Einstellung auch in den anderen Objecten Nelson's (*Triceratium*, Facetten-Auge einer Fliege, junger Knorpel) zum Theil in dem Ausschliessen oder in der Betheiligung der Refractionseffecte an dem Bilde beruhen. Man braucht die Ausschliessung gewisser Diffractionsbündel von der Bilderzeugung nicht anzunehmen. Ein isolirtes stark brechendes Körnchen von sagen wir 1 μ Durchmesser, in einem schwach brechenden Medium eingeschlossen, zerklüftet ja den engen Lichtkegel in keine getrennte Diffractionsbündel, und doch ist es bei Benutzung eines engen Diaphragmas ohne Beleuchtungsapparat schon bei einer 15 μ höheren und noch bei einer 15 μ tieferen Einstellung des Mikroskops als die Ebene, in welcher es sich befindet, zu sehen und von verschiedenem

Aussehen, und das nicht mit einem Objectiv von geringer Apertur mit grosser Focaltiefe, sondern mit einem von 1·40 Apertur, also an und für sich verschwindender Focaltiefe (s. APÁTHY [9] p. 64). Die Ursache davon kann nicht sein, dass infolge der sphärischen Aberration die verschiedenen Zonen des Objectivs bei verschiedener Einstellung thätig werden; die Ursache können nur dieselben Factoren sein, welche, wie wir auf p. 514 sahen, Bilder von *Triceratium* zu Stande bringen, die keinem optischen Durchschnitt des Panzers conjugirt sind. Für Diatomeen und dergleichen ist die von NELSON empfohlene 3/4 Apertur nicht aus den von ihm angegebenen Gründen, sondern deshalb so vortheilhaft, weil dabei die Wahrnehmbarkeit der Zeichnung noch nicht aufhört, aber der Refractions- und Diffractionsantheil daran schon auf ein Minimum reducirt ist, und deshalb auch der Unterschied des Bildes bei hoher und tiefer Einstellung verschwindet und das Bild überhaupt nur bei einer, nahezu mittleren Einstellung erscheint.

E. M. NELSON [14] giebt verschiedene Formeln an, wie man aplanatische Sammellinsen für Mikroskopirlampen herstellen kann. Der Vortheil des Aplanatismus besteht in diesem Fall nach dem oben Gesagten in erster Linie nicht darin, dass die Linse ein scharfes Bild der Lichtquelle entwirft, sondern darin, dass sie einen einheitlichen Hauptfocus besitzt und deshalb, wenn man die Lichtquelle in den Hauptfocus stellt, das ganze von der Lichtquelle gegen die Linse ausgestrahlte Licht gleichmässig in der Linsenöffnung vertheilt wird und letztere als eine einheitliche Lichtfläche von grosser Ausdehnung erscheint. — Ebenfalls NELSON [15] hält das durch Absorption erzeugte sogenannte monochromatische Licht im Allgemeinen nicht für empfehlenswerth, weil es Lichtstrahlen von verschiedener Wellenlänge enthält. Am besten findet er noch zwei von POWELL & LEALAND zu beziehende dunkle Cobaltgläser und den seinerzeit von RAINEY angegebenen, light-modifier genannten Satz von Gläsern (s. oben p. 453). Da indessen heutzutage der einzige Zweck der monochromatischen Beleuchtung in der mikroskopischen Beobachtung, von spektroskopischen Zwecken abgesehen, die Benutzung von möglichst kurzwelligen Strahlen ist, so macht es gar nichts, wenn unser Lichtkegel verschiedene Wellenlängen enthält, nur sollen diese alle möglichst kurz sein. Dieser Bedingung kann man auch durch Lichtfilter genügen, wie das oben (p. 413) schon erwähnte Kupfer-Jodfilter von ZETTNOW [3] 1893 beweist. Ein grösserer Vorwurf, den man den Lichtfiltern machen kann, ist, dass das durch sie erhaltene kurzwellige Licht nicht intensiv genug ist. Deshalb ist das prismatisch zerlegte Licht nur dann vorzuziehen, wenn es von einem Lichte hergestellt ist, welches auch in dem dem violetten Ende nahe liegenden Theile des Spectrums sehr intensiv ist, wie z. B. Sonnenlicht und elektrisches Bogenlicht. NELSON empfiehlt nun statt des ZEISS'schen Prismenapparates einen, den er für seine Mikroskopirlampe bestimmt, also für Petroleumlicht, dessen violetter Theil sehr wenig intensiv ist. Der ZEISS'sche Apparat ist mit dem Mikroskop nicht recht zu brauchen; man kann damit keinen Condensor verwenden, weil er convergirende Strahlen liefert. NELSON's Vorrichtung vereinigt die Strahlen eines beliebigen Theiles des Spectrums vor dem Condensor zu einem Focus, von welchem sie wieder divergiren; diese Focalebene dient also als secundäre Lichtquelle, welche divergirende Strahlen in den Condensor sendet. —

HYATT [1]: ein Dunkelfeldcondensor nach dem Princip des oben p. 549 erwähnten auch nicht neuen Condensor von A. M. MAYER [1] 1886. — P. SCHIEFFERDECKER [9] und [9a] beschreibt eine Anwendung der KOCHS-WOLZschen Lichtleitung bei Zirkonlicht, an einer eigens dazu construirten Lampe. AUER'sches Licht erwies sich nicht als intensiv genug für die Lichtleitung. Damit ist aber, wie ich glaube, für die praktische Mikrographie das ganze KOCHS-WOLZ'sche Princip verurtheilt. Eine AUER'sche Lampe genügt ja für sich allein unseren Ansprüchen vollkommen. — Im VAN HEURCK'schen [8] Buche ist die Theorie der Beleuchtung überhaupt nicht, von den Beleuchtungsapparaten (p. 76-86) nur der ABBE'sche Condensor eingehend behandelt; umso ausführlicher unter den künstlichen Lichtquellen (p. 102-111) das elektrische Glühlicht. Auch VAN HEURCK (ebenso wie DALLINGER bei CARPENTER [2]) hält das künstliche Licht für die schwierigsten Aufgaben des Mikrographen (Auflösung der Testobjecte) günstiger als Tageslicht. Er meint, eine gewöhnliche Petroleumlampe (er bildet Figur 99, pag. 107 die von WATSON & SONS ab) genügt für die meisten Untersuchungen, worin wir ihm nicht beistimmen können. Für reine Absorptionsbilder ist AUER'sches Licht unentbehrlich. — Viel eingehender sind bei CARPENTER [2] die verschiedenen Beleuchtungsvorrichtungen (p. 247-269, 278-287, 346-366) sowohl als auch ihre Theorie behandelt, und zwar letztere beinahe ganz in dem Sinne NELSON's. W. H. DALLINGER, welcher den allgemeinen Theil dieser 7. Auflage des CARPENTER'schen Werkes ganz neu geschrieben hat, giebt p. 251 BREWSTER (s. oben p. 438) recht, dass die richtige Beleuchtung dann erreicht ist, wenn das Bild der Lichtquelle in die Objectebene projicirt ist[1]. Damit steht aber das, was ebendort auf p. 255 von dem Aussehen des Oeffnungsbildes des Objectivs bei der richtigen Einstellung des Condensors nach NELSON [19] gesagt wird, im Widerspruch. Die Objectivöffnung soll das in Figur 205 gegebene Bild zeigen; dann befindet sich aber das Bild der Lichtquelle nicht in der Objectebene, sondern eher in der vorderen Oeffnungsebene des Objectivs. Auch DALLINGER betont mit NELSON, dass es am besten ist, wenn man einen so weiten Lichtkegel anwendet, dass $^3/_4$ der Objectivöffnung mit Licht erfüllt seien. Die sonstigen Vorschläge des Buches in Betreff der Beleuchtung und die meisten darin beschriebenen Apparate stammen ebenfalls von englischen Autoren, und wir haben sie schon alle erwähnt. Hier und da machen sich auf diesem indirecten Wege auch die NÄGELI-SCHWENDENER'schen Ausführungen geltend, so auf p. 355, wo gezeigt wird, dass diffuses Tageslicht von jedem Punkte eines Spiegels, einerlei ob er concav, plan oder convex ist, nach allen Richtungen reflectirt wird.

O. BÜTSCHLI [1] schildert in seinem 1892 erschienenen zusammenfassenden Werke über die Schaumstructur des Protoplasmas p. 759 auch die von ihm angewandte Beleuchtungsmethode. Wie schon wiederholt erwähnt, beobachtete BÜTSCHLI sogar gefärbte Objecte in schwach brechenden

1892

---

1) Ich erinnere hier daran, dass mehrere deutsche mikrographische Autoren und Bakteriologen, so C. GÜNTHER ([1a] p. 56) und FERDINAND HUEPPE ([1] p. 41) ROBERT KOCH [1] 1877 (s. oben p. 493) als denjenigen bezeichnen, welcher dieses Princip der Beleuchtung in die Wissenschaft eingeführt hätte.

Medien mit engem Beleuchtungskegel, er that also alles, um das Zustandekommen eines reinen Absorptionsbildes, welches allein einen sicheren Schluss auf die wirklich vorhandenen morphologischen Verhältnisse aus dem mikroskopischen Bilde zulässt, zu verhindern. Die ausschliesslich angewandten Refractionsbilder, bei welchen er den möglichen Antheil der Diffractionswirkung auch nicht berücksichtigt, führten ihn zu mehreren Schlüssen, deren Unhaltbarkeit ich besonders für das contractile und leitende Element der Muskel- bezw. Nervenfasern dargethan habe (s. APÁTHY [9], auch gleich weiter unten und [11]). — A. ZIMMERMANN [8] giebt praktische, allerdings schon wohl bekannte Winke zum Controliren der richtigen Einstellung des Beleuchtungsapparates durch Hineinsehen in das Mikroskop nach Wegnahme des Oculars. Statt einer Schusterkugel benützt er einfach eine mit Lösung von Kupfer-Sulfat-Ammoniak gefüllte Kochflasche. — E. M. NELSON [16]: nähere Angaben über seine Vorrichtung für monochromatische Beleuchtung, von welcher er so erbaut ist, dass er bei heiklen Objecten gar keine andere mehr benützen will. Natürlich denkt er dabei hauptsächlich an Diatomeen, nicht an Objecte, welche Absorptionsbilder geben können, für welche die monochromatische Beleuchtung im Allgemeinen nicht zu empfehlen ist. — Der von A. MARTENS [1] bei Metalluntersuchungen benutzte Vertical-Illuminator besteht aus einem totalreflectirenden Prisma, welches die halbe Objectivöffnung überdeckt, wie bereits andere vor seinem. Auch der von ZEISS geführte ist ähnlich (s. p. 62, Figur 31 der 31. Ausgabe des Preisverzeichnisses aus 1898). — STRATTON's [1] „Illuminator" ist einfach eine Mikroskopirlampe, nichts Neues. — Der Mikroskopirschirm von P. SCHIEFFERDECKER [6] besteht aus einem leichten Drahtgestell mit schwarzem Schirting überzogen und wird auf dem Mikroskoptubus befestigt. Er ist leicht herzustellen, bequem und genügt vollkommen.

1893 — 1893 suchte ich (s. ST. APÁTHY [9]) an dem Beispiele der falschen Resultate, welche ein so hervorragender Beobachter, wie O. BÜTSCHLI für die Structur der contractilen Substanz erhielt, zu zeigen, dass man die feinere histologische Beschaffenheit unserer Objecte nur mit Beleuchtungskegeln von der grössten Apertur, und, da das ungefärbte Object nicht die nöthigen Lichtcontraste liefert, an tingirten Präparaten, also durch Absorptionsbilder ermitteln kann. Die Refractionsbilder führen, wenn man sie allein berücksichtigt, unbedingt zu einer falschen Auffassung der complicirteren Objecte.

Erfüllt man die Bedingungen des reinen Absorptionsbildes, zu welchen wir im weitesten Sinne auch die homogene Immersion des Condensors und des Objectivs rechnen müssen, so treffen, nach dem oben Mitgetheilten, in jedem Punkte der Objectebene Lichtstrahlen aus allen Richtungen innerhalb der von der Beleuchtungsvorrichtung gegebenen Apertur zusammen und von jedem Punkte strahlt Licht nach allen diesen Richtungen gegen das Objectiv aus, wenn der Punkt überhaupt durchsichtig ist. Einerlei ob die Strahlen in Bezug auf die Lichtquelle confocal sind oder nicht, verhält sich jeder Punkt der Objectebene für das davon in das Objectiv hineinstrahlende Licht wie ein Focus, dessen conjugirter Focus in der Ebene des Objectivbildes enthalten ist. Nennen wir die Punkte der Objectebene a, b, c, d etc. und ihre Bildpunkte in der Ebene des Objectivbildes a_1, b_1, c_1, d etc. Abgesehen von

den Fehlern der Definition und von dem durch das Mikroskop verursachten Lichtverlust, werden die Punkte a_1, b_1, c_1, d_1 etc. dieselbe Quantität und Qualität von Licht durch das Ocular in das Auge des Beobachters weiter strahlen, welche die Punkte a, b, c, d etc. in das Objectiv hineinstrahlten. Verschieden wird nur die gegenseitige Entfernung der Punkte a_1, b_1, c_1, d_1 etc. sein von der Entfernung der Punkte a, b, c, d etc. von einander je nach der Objectivvergrösserung. Ist das von den Punkten a, b, c, d etc. ausgestrahlte Licht gleich in Bezug auf Quantität und Qualität, so ist kein mikroskopisches Bild wahrnehmbar, das Gesichtsfeld ist mit gleichmässigem Licht erfüllt. Ist das Licht der Punkte a, b, c, d nur Quantitativ verschieden, indem diese mehr oder weniger, aber von allen Lichtarten gleich viel absorbiren, eventuell gar kein Licht durchlassen, also auch keines gegen das Objectiv ausstrahlen, so erscheint das mikroskopische Bild wie eine aus mehr oder weniger dunkel grauen bis schwarzen Elementen zusammengesetzte Zeichnung auf einem gleichmässig weissen, glanzlosen Grunde. In dieser Zeichnung giebt es keinen Punkt, welcher heller wäre als das freie Gesichtsfeld, also glänzen würde, und auch keinen, welcher heller oder dunkler wäre, als es dem Grade der von dem entsprechenden Objectpunkte bewirkten Absorption entspricht. Andrerseits giebt es auch keinen Punkt des freien Gesichtsfeldes, welcher weniger hell wäre, als die anderen Punkte desselben. Also giebt es weder im freien Gesichtsfelde, noch in dem Objectbilde irgend welche Schatten. Ist das Licht der Punkte a, b, c, d etc. auch Qualitativ verschieden, indem sie nicht nur mehr oder weniger, sondern auch von den verschiedenen Lichtarten (von den das weisse Licht zusammensetzenden Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge) ungleich viel absorbiren, eventuell nur Licht von einer bestimmten Wellenlänge durchlassen, also nur so gefärbtes Licht gegen das Objectiv ausstrahlen, so erscheint das mikroskopische Bild wie eine aus farbigen Elementen zusammengesetzte Zeichnung auf dem gleichmässig weissen, glanzlosen Grunde. Aber andere Farben, als welche durch Absorption erzeugt wurden, können sich daran nicht betheiligen, und kein Punkt kann farbig erscheinen, welcher nicht einem in der betreffenden Weise absorbirenden Objectpunkt entspricht. Unterschiede in der Apertur der von den Punkten a, b, c, d etc. ausfahrenden Lichtkegel und in der Vertheilung der Lichtstrahlen in diesen Lichtkegeln kann es bei einer idealen Erfüllung der Bedingungen des reinen Absorptionsbildes nicht geben. Also kann in dem reinen Absorptionsbild nichts sichtbar sein, was nicht in der morphologischen und physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Objectes direct begründet wäre; allerdings ist nicht nothwendigerweise alles sichtbar, was in der morphologischen und physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Objectes begründet ist und auf dessen Vorhandensein man nach mikroskopischen Bildern schliessen kann, die man auf andere Weise erhält.

Ueber die wiederholt besprochenen Bedingungen des reinen Absorptionsbildes wiederholen wir hier Folgendes. Sie betreffen einerseits das Präparat, andrerseits die Beleuchtung. In Betreff des Präparates, so müssen darin die natürlichen Lichtbrechungsunterschiede des

Objectes ausgeglichen werden. Dieses erreicht man durch die richtige Wahl des Einschlussmediums, nachdem man das Object zu diesem Einschluss gehörig vorbereitet hat. Der Brechungsindex des Einschlussmediums muss dem der am stärksten brechenden Bestandtheile des Objectes gleich sein; die weniger brechenden Bestandtheile erhalten dadurch die gleiche grössere Lichtbrechung, dass sie vom Einschlussmedium vollkommen durchtränkt werden. Die Durchtränkung mit einem schwächer brechenden Einschlussmedium kann stärker brechende Bestandtheile nicht schwächer brechend machen, ausser infolge von chemischer Veränderung, Lösung oder Auslaugung; aber ein gutes Einschlussmedium darf diese Wirkungen auf das Object nicht haben. Sind die schwächer brechenden Bestandtheile derart, dass sie sich mit dem Einschlussmedium nicht durchtränken lassen, so kann man ihnen und den stärker brechenden gegenüber nicht gleichzeitig diese Bedingung des reinen Absorptionsbildes erfüllen. Für ihre Untersuchung besondere Präparate mit einem Einschlussmedium von entsprechendem kleineren Brechungsindex zu machen, kann man jedoch meist unterlassen, wenn man die andere Bedingung, welche die Beleuchtung betrifft, umso vollkommener erfüllt. In idealer Weise ist sie dann erfüllt, wenn jeder Punkt der Objectebene das Centrum einer auf diese Ebene gelegten Strahlenhemisphäre, d. h. die Spitze eines Strahlenkegels von 180° Apertur ist, in welchem die Lichtstrahlen, die Radien der Hemisphäre, überall gleichmässig vertheilt sind und die gleiche Intensität besitzen. In Wirklichkeit können wir natürlich diese Apertur nicht erreichen, wir können ihr aber ziemlich nahe kommen. Und zwar auf zwei Wegen. Entweder durch Benützung von Lichtquellen von grosser angularer Ausdehnung oder von Condensoren von der grösstmöglichen numerischen Apertur. In beiden Fällen muss man durch Homogenität der Medien, welche die Lichtstrahlen nach dem auf die Lichtquelle folgenden ersten Medium, der Luft, noch zu passiren haben, der totalen Reflexion und dem daraus folgenden Verlust derjenigen Lichtstrahlen vorbeugen, welche einen grösseren Winkel mit der optischen Achse bilden, als der Grenzwinkel des stärker brechende Mediums (des Glases z. B.) für das darauf folgende schwächer brechende Medium (z. B. Luft). Daraus folgt, dass man am besten Einschlussmedien vom Brechungsindex des Objectträgers und des Deckglases verwendet. Stärker brechende sind ebenso nachtheilig wie schwächer brechende. Oder wenn man ein Einschlussmedium von höherem Brechungsindex als der des Objectträgers benützt, so soll man ein ebenso stark brechendes Deckglas (Flintglas), eine ebensolche Immersionsflüssigkeit (Monobramnaphthalin), endlich aber auch ein Objectiv von grösserer numerischer Apertur als 1·40 benützen, sonst hat man für das reine Absorptionsbild nichts gewonnen. Mit anderen Worten, sind stärker als gewöhnliches Glas brechende Einschlussmedien für gewöhnlich von keinem praktischen Werth.

Auf p. 438 haben wir dargethan, wie man Lichtquellen von grosser angularer Ausdehnung für das Mikroskop leicht erhalten kann. Die Methode, ein von directen Sonnenstrahlen beschienenes Blatt weissen Papiers auf den Fuss des Mikroskops zu legen und dieses als Lichtquelle zu benützen, giebt zwar schon sehr schöne Farbenbilder, aber man kann auf eine andere, ebenso einfache Weise Lichtkegel von viel grösserer Apertur be-

kommen. Die von der weissen Papierfläche sehr schräg auf die Unterseite des Objectträgers einfallenden Strahlen werden zum Theil reflectirt statt in das Glas einzudringen, und deshalb ist die Intensität des pheripherischen Theiles der einzelnen Lichtkegel bedeutend geringer als die des axialen Theiles (s. p. 437). Auch kann die maximale Apertur der Lichtkegel, welche die einzelnen Punkte eines Balsampräparates treffen, den doppelten Grenzwinkel des Glases für Luft nicht überschreiten, selbst wenn die Lichtstrahlen unter 90° zur optischen Achse auf die vordere Fläche des Objectträgers fielen. Die andere Methode, bei welcher wir eine secundäre Lichtquelle sehr nahe zur Objectebene bringen, nämlich das Aufkleben einer Pauspapierscheibe auf die Unterfläche des Objectträgers und Belichten dieser Scheibe in der p. 460 angegebenen Weise, giebt eine Lichtfläche von noch grösserer angularer Ausdehnung, von umso grösserer, je dünner der Objecträger, denn hier werden nicht einmal die schrägsten Strahlen reflectirt, weil sie von der Papierscheibe, von welcher sie nach allen Richtungen diffus ausstrahlen, zu dem Objectträger durch eine dünne Schichte Cedernholzöl gehen, welches nahezu denselben Brechungsindex hat wie das Glas, und deshalb auch im Glase dieselbe grosse Neigung zur Achse, wie vor dem Eintreten in das Glas, bewahren können.

Doch sind wir bei diesen Methoden auf directes Sonnenlicht oder auf elektrisches Bogenlicht angewiesen. Ausserdem geht bei der Pauspapiermethode auch solches unzerstreutes Licht durch, welches sehr intensive Strahlenkegel von geringerer Apertur bildet, die aus diffussen Strahlen gebildeten weiten Kegel an Intensität stark übertrifft und so dem Absorptionsbilde, wie auf p. 460 betont, Refractionselemente beimischt. Oder, wenn man, um dies zu vermeiden, mehrere Scheiben benützt, wird das Licht überhaupt nicht genug intensiv und das Gesichtsfeld erscheint nicht mehr ganz weiss. Vortheilhafter ist also die Beleuchtung mit einem Immersionscondensor von der grössten Apertur; und das allerbeste erreicht man, wenn man die Pauspapierscheibe auch bei Benützung des Condensors auf die Unterseite des Objectträgers klebt. Diese Scheibe wirkt als eine in den Weg der vom Condensor gelieferten weiten Strahlenkegel eingeschaltete secundäre Lichtquelle von grosser angularer Ausdehnung, welche die Wirkung des Condensors gewissermassen ergänzt, indem sie Lichtstrahlen aus jeder Richtung zu jedem Objectpunkte sendet, aber die Intensität des directen Strahlenkegels doch nicht merklich herabsetzt. Dadurch wird auch die Apertur des Condensors vollkommener ausgenützt, und es werden die letzten Reste des Refractionsbildes, welche sich eventuell am mikroskopischen Bilde noch betheiligen würden, vernichtet. Ausserdem werden durch die Scheibe die Ungleichmässigkeiten in der Leuchtkraft der einzelnen Punkte der primären Lichtquelle noch mehr ausgeglichen. Dem gleichen Zwecke dient übrigens auch die Projection des Bildes der Lichtquelle nicht in die Objectebene, sondern in die Ebene der vorderen Oeffnung des Objectivs[1], wie wir schon oben dargethan haben.

---

1) Dass die maximale farblose Helligkeit des Gesichtsfeldes und gleichzeitig das reinste Absorptionsbild nicht dann vorhanden ist, wenn man das Bild der Lichtquelle in die Objectebene projicirt, davon kann man sich auch

Es wird behauptet, die Schärfe des Bildes leide dadurch, wenn man einen Condensor von grösserer effectiven Apertur benützt, als die des Objectivs. Für die Absorptionsbilder trifft dies, falls das Objectiv für seine ganze Oeffnung gleich gut corrigirt, von tadelloser Definition ist, nicht zu. Die überschüssige Condensorapertur macht das Bild nur etwas heller. Das ist zwar unnöthig, aber nicht direct schädlich. Wenn man bei der Anwendung eines Objectivs von geringerer Apertur, z. B. bei einer Trockenlinse statt eines Immersionssystems, die Apertur des Condensors mit Vortheil vermindert, so geschieht dies deshalb, weil man dadurch dem mikroskopischen Bilde infolge der zur Geltung kommenden Refraction jene schärferen Konturen zurückgiebt, welche es nur infolge des geringeren Abbildungsvermögens der Linse verloren hat.

Die schwarzen Konturen, der Kern- und Halbschatten, die glänzenden Säume und Flecke und überhaupt die ganze Zeichnung des Refractionsbildes, vorläufig abgesehen von den die Diffraction begleitenden Interferenzerscheinungen kommen einerseits dadurch zu Stande, dass auch von solchen Punkten der Objectebene, welche an und für sich durchsichtig wären, entweder gar keine oder weniger Lichtstrahlen in das Objectiv gelangen, als von der freien Einstellungsebene; aber andrerseits scheinen von gewissen Punkten mehr Lichtstrahlen auszugehen, als wie viele diese oder die Punkte der freien Einstellungsebene bei Ausgleich der Lichtbrechungsunterschiede in das Objectiv senden würden. Dazu kommt, dass die vom Object erzeugten Lichtflecke (z. B. die Bilder der Lichtquelle) und Schatten in höher oder tiefer liegende Ebenen projicirt werden, als in welchen sich das Object wirklich befindet. Alle diese Erscheinungen haben in den totalen und partiellen Reflexionen der Strahlen an den Grenzflächen der im Präparat enthaltenen verschieden brechenden Medien und in den durch diese bewirkten Lichtbrechungen den Grund, welche gewissen Strahlen eine solche Neigung zur optischen Achse geben, dass sie nicht in das Objectiv gelangen können oder von anderen Punkten der Objectebene zu kommen scheinen, als von welchen sie in Wirklichkeit herkommen. Endlich haben eine grosse Rolle an den Refractionsbildern auch Interferenzerscheinungen zwischen, in Bezug auf die Lichtquelle, confocalen Lichtstrahlen, welche denselben Punkt der Objectebene zum Theil direct, zum Theil nach Brechung und Reflexion, oder zum Theil in der einen, zum Theil in der anderen Weise gebrochen oder reflectirt, also verschieden verzögert erreichen; je nach ihrer Phase verstärken oder schwächen sich diese und verursachen, dass von dem betreffenden Punkte mehr oder weniger Licht in das Objectiv gelangt als sonst gelangen

---

daraus überzeugen, dass man beim Wechseln des Objectivs auch die Stellung des Condensors etwas verändern muss, um wieder ein Absorptionsbild von der besten für das betreffende Objectiv möglichen Qualität zu bekommen. Wenn man zum Beispiel statt eines apochromatischen Objectivs von 4 mm Brennweite, für welches man durch Versuchen die beste Stellung des Condensors gefunden hat, ein Immersionsobjectiv von 3 mm Brennweite einstellt, so muss man den Condensor etwas senken, und zwar in dem Masse, als der Arbeitsabstand des letzteren Objectivs geringer ist als der des ersteren.

würde. In der Regel stets vorhanden ist ein schmaler lichtloser Saum, welcher die Grenzlinien des Objectes aussen begleitet und dadurch entsteht, dass je zwei Lichtstrahlen, von welchen der eine unmittelbar unter der Einstellungsebene von einem bestimmten Punkte der Grenzfläche reflectirt, also schon dadurch um eine halbe Wellenlänge verzögert wird, und der andere in unmittelbarer Nähe an diesem Punkte nur vorübergeht, zusammentreffen und sich gegenseitig vernichten. Das sind jene Konturlinien, welche umso dünner werden, je grösser die Apertur des Beleuchtungskegels, aber nur dann vollkommen verschwinden, wenn beide Hauptbedingungen des reinen Absorptionsbildes erfüllt sind. Wenn sie möglichst dünn sind, beeinträchtigen diese die Wahrheit des Bildes noch am wenigsten, sie machen es für die meisten Beobachter sogar angenehmer. Allein in Fällen, wo es sich um die Beobachtung von sehr zarten, schwach tingirten fädigen Elementen handelt, müssen auch diese beseitigt werden.

Im übrigen sind die auf dem geschilderten Wege entstehenden Refractionsbilder sehr complicirt und, da eine und dieselbe Erscheinung auf sehr verschiedene Weise entstehen kann, sind sie sehr schwer richtig zu deuten, es ist schwer, die thatsächlich im Object begründeten Verhältnisse, welche sie in einem gegebenen Fall hervorrufen, sicher zu erkennen. Oft ist dies ganz unmöglich. Und da die meisten Beobachter das Gesehene doch irgendwie deuten wollen, so kommen sie zu Auffassungen, deren Unrichtigkeit später auf indirectem Wege oder durch die Beobachtung desselben Objectes in reinen Absorptionsbildern dargethan wird.

Wären die Lichtrechnungsunterschiede im Präparat vollkommener ausgleichbar, so könnten jene trügerischen Erscheinungen nicht einmal bei engen Beleuchtungskegeln auftreten, ausgenommen es befänden sich im Präparat undurchsichtige oder nur wenig durchsichtige Structurbestandtheile mit spiegelnden Grenzflächen. Infolge der Reflexion der Lichtstrahlen würden die wirklichen Grenzlinien von solchen Bestandtheilen durch breite, helle oder dunkle Säume verdeckt werden, und Spiegelbilder der Lichtquelle helle Stellen im Bilde verursachen, die schwer zu deuten wären. Schon die Zunahme der Apertur des Objectivsystems würde die Säume verwischen und die Helligkeit der lichten Stellen der des freien Gesichtsfeldes näher bringen; ganz würde sie aber diese falsche Vertheilung des Lichtes nicht beseitigen können. Gar keinen Einfluss würde die Zunahme der Apertur des Objectivsystems allein auf die Interferenzerscheinungen, auf die abwechselnd hellen und dunklen Ringe oder Streifen haben, welche sich ausserhalb und innerhalb der wirklichen Grenzlinien der betreffenden Bestandtheile ausbreiten. Durch Zunahme der Apertur des Beleuchtungskegels werden auch diese immer verschwommener, bis sie ganz verschwinden. Sie verschwinden in diesem Fall auch dann, wenn die Apertur des Objectivs zu gering ist, um die sonstigen Reflexions- nnd Refractionserscheinungen auszugleichen. Ist die Apertur sowohl des Condensors, als auch des Objectivs möglichst gross, so erscheinen kleine undurchsichtige, aber spiegelnde Gegenstände unter dem Mikroskop zwar nicht in allen optischen Durchschnitten so dunkel, wie es ihrer Undurchsichtigkeit entsprechen würde, aber auch in keinem heller, als höchstens mit der halben Intensität des freien Gesichtsfeldes. Diese Helligkeit ist nicht auf allen

betreffenden Querschnitten gleichmässig vertheilt, sie greift aber nicht auf die freie Objectebene über. Diese ist überall, in jedem optischen Querschnitt gleich hell, sodass die wirkliche Grenze des Gegenstandes genauer zu bestimmen ist, als wenn man mit enger Apertur beleuchtet.

Solche Structurbestandtheile kommen übrigens in unseren Objecten selten vor. Wichtiger sind zwei andere Ursachen, weshalb man nicht einmal ganz gleichmässig brechende Präparate mit engen Beleuchtungskegeln untersuchen soll. Die eine ist, dass, je schmäler der Lichtkegel, das secundäre Interferenzbild einen umso grösseren Antheil an dem mikroskopischen Bild gewinnt, wogegen das directe, dioptrische Bild umso lichtschwacher wird, bis es endlich aufhört eine wahrnehmbare Rolle in der Zusammensetzung des mikroskopischen Bildes zu spielen und das Interferenzbild allein sichtbar bleibt (p. 513 u. f.). Dieses Interferenzbild lässt aber gar keinen directen Rückschluss auf die wahre Beschaffenheit des Objectes zu und ist diesem im Allgemeinen nicht conform (s. oben p. 508 u. f.). Die andere Ursache ist die ungenügende Helligkeit des Gesichtsfeldes an und für sich. Je heller es ist, die oben geforderte Gleichmässigkeit und glanzlose weisse Farbe vorausgesetzt, umso leichter kann man darin sogar schwach gefärbte feinste Elemente unterscheiden; es leidet dabei nicht einmal die Unterscheidbarkeit von solchen Elementen, welche von den Strahlen verschiedener Wellenlänge gleich viel absorbiren und deshalb mehr oder weniger dunkel, grau bis schwarz erscheinen. Ein feines Bleistiftzeichen ist auf schneeweissem, stark belichtetem, aber nicht glänzendem Papier besser zu sehen, als auf graulichem oder wenig belichtetem. Unter dem Mikroskop kontrastirt jede Farbe mehr mit einem vollkommen weissen, matten Gesichtsfeld, als mit einem irgendwie immer gefärbten.

Endlich dürfen wir den Vortheil des weiten Beleuchtungskegels auch hier nicht unerwähnt lassen, dass nicht nur die eigentliche Sehtiefe auf das dem Objectiv entsprechende Minimum reducirt wird, sondern dass darüber oder darunter liegende Ebenen auch anderswie keinen Einfluss auf die gerade eingestellte Objectebene haben, weder durch Spiegelung, Lichtprojection oder Beschattung, noch infolge der zonalen Zerklüftung der Objectivwirkung.

Je weniger die Lichtbrechungsunterschiede im Präparat ausgeglichen sind, umso grösser muss die Apertur des Beleuchtungskegels, aber auch die des Objectivs sein, um doch ein leidlich reines Absorptionsbild zu bekommen, da die Apertur des Beleuchtungskegels nur von einem Objectiv von entsprechender Apertur ganz ausgenützt wird. Unter den vielen auf einen Objectpunkt gerichteten Strahlen, wird es stets zahlreiche solche geben, welche, während die anderen Strahlen durch Brechung und Reflexion abgelenkt werden, in das Objectiv gelangen und je nach ihrer Zahl verschieden helle Bildpunkte von jenem Objectpunkt entwerfen. Mit Zunahme der Apertur des Lichtkegels wird also die Zahl der trotz ihrer sonstigen Durchsichtigkeit für das mikroskopische Bild lichtlosen Punkte der Objectebene abnehmen, und zunehmen die Zahl der Punkte, welche beinahe mit der nur durch ihre absorbirende Wirkung verminderten Lichtintensität des freien Gesichtsfeldes im Bilde erscheinen.

Umgekehrt folgt aus dem Gesagten, dass, je geringere Apertur die Beleuchtungsvorrichtung und die Objective besitzen, über welche jemand

verfügt, er ein umso grösseres Gewicht auf die Herstellung von für das reine Absorptionsbild geeigneten Präparaten legen muss, sonst wird er keine zuverlässlichen histologischen Resultate bekommen.

Nur wo keine künstlichen Eingriffe auf das Object gestattet sind oder man aus irgend einem anderen Grunde keine genügenden Absorptionskontraste im Präparat hervorrufen kann, ist man unbedingt auf Refractionsbilder angewiesen. Will man aber doch ein einigermassen richtiges morphologisches Urtheil über seinen Gegenstand bekommen, so soll man den Beleuchtungskegel, wie im § 29 empfohlen wurde, bei der definitiven Beobachtung eben nur so weit verengen, bis die gesuchte Structur sichtbar geworden ist.

Sind die das Licht in gleicher Weise absorbirenden, aber sonst anders, als die dazwischen liegenden, wirkenden Stellen des Objectes näher zu einander als ein gewisses, je nach dem Abbildungsvermögen des Objectivs verschiedenes Minimum, so ist die Structur des Objectes nicht wahrnehmbar, wenn auch die Bedingungen für das Refractionsbild noch so günstig sind. Der Unterschied in der Quantität des Lichtes, die die einzelnen Punkte des Objectes gewissermassen als selbstleuchtende Punkte (p. 518 u. f.) in das Objectiv senden, ist zu gering, um die bei dem Definitionsvermögen des betreffenden Objectivs genügenden Lichtkontraste im Bilde herzuvorrufen. In diesen Fällen kommt uns die Diffraction der Lichtstrahlen zu Hilfe. Es entsteht das von Abbe [2] zuerst nachgewiesene und analysirte Diffractionsbild durch die in der Bildebene erfolgende Interferenz von mehr oder weniger zahlreichen, beim Durchgang durch das Object abgebeugten Strahlenbündeln mit einander und mit dem nicht gebeugten, dioptrischen Strahlenbündel oder der abgebeugten Bündel mit einander allein. Abbe hat es, wie wir wissen, nachgewiesen, dass man von solchen Bildern nur auf das Vorhandensein einer zum Hervorrufen der betreffenden Art von Beugung geeigneten Structur schliessen kann, nicht aber auch darauf, worin diese Structur, welche sehr verschieden sein kann, in Wirklichkeit besteht.

Wir sehen also, dass das Diffractionsbild das werthloseste unter den besprochenen dreien ist. Es frägt sich nun, ob es nicht möglich wäre, das Diffractionsbild auf irgend welche Weise durch ein Refractionsbild oder noch besser durch ein Absorptionsbild derselben Structur zu ersetzen. Die Abbe'sche Diffractionstheorie will diese Möglichkeit ausschliessen. Zahlreiche Versuche scheinen ihr Recht zu geben. Würden sie es aber auch dann thun, wenn man sie unter anderen Bedingungen, als welche Abbe vorschreibt, ausführen würde, namentlich wenn man statt mit Lichtkegeln von minimaler Apertur mit vollen Lichtkegeln von maximaler Apertur arbeiten und im Präparat die Bedingungen des reinen Absorptionsbildes erfüllen, genug starke, farbige Absorptionskontraste herbeiführen könnte? Auf einem anderen Wege, als der hier eingeschlagene, suchten wir uns der Lösung dieser Frage bereits zu nähern.

Die Diffractionslehre hat in der Mikroskopie, wie wir schon wiederholt betonten, nur so viel wirklich nachgewiesen, dass von gewissen Objecten unter gewissen Verhältnissen kein Structurbild zu erhalten ist, wenn keine abgebeugten Strahlenbündel mit dem dioptrischen Strahlenbündel oder mit einander in der Ebene des Objectivbildes zusammenwirken können, und zwar

entweder deshalb nicht, weil man sie im Mikroskop abblendet, oder weil keine in die Objectivöffnung hineingehen. Wenn der Beleuchtungskegel sehr eng ist, so kann man sie im Oeffnungsbilde des Objectivs gut unterscheiden, weil die Oeffnung nur an den betreffenden Stellen belichtet ist. Je weiter der Beleuchtungskegel, umso verschwommener werden sie, bis sie endlich im gleichmässig erhellten Oeffnungsbilde ganz verschwinden. Die Structur bleibt aber, die nothwendige Apertur des Objectivs vorausgesetzt, doch sichtbar, nur ist sie infolge des geringeren Kontrastes von Hell und Dunkel weniger auffällig, obwohl sie in Wirklichkeit, mit dünneren Linien, schärfer gezeichnet ist. Sind die früher sichtbaren gebeugten Strahlen nur eingetaucht in die allgemeine Helligkeit des Oeffnungsbildes und deshalb unsichtbar geworden, aber von derselben Wirkung, wie früher, oder sind sie durch andere gebeugte Strahlen, welche mit verschiedener Phase in demselben Punkte angelangen und dort interferiren, vernichtet? Die Möglichkeit dazu ist vorhanden, weil, wie oben p. 517 und 554 u. f. gezeigt wurde, die in den mit einem guten und richtig eingestellten Condensor erzeugten Strahlenkegeln x, y, z etc, deren Spitze die einzelnen Punkte der Objectebene sind, enthaltenen Strahlen in Bezug auf die Lichtpunkte X, Y, Z etc. confocal sind, wenn sie auch noch so verschieden gerichtet in den Punkten x, y, z etc. einfallen. Dann würden von der Ebene, wo die Interferenz der zu den verschiedenen dioptrischen Strahlen gehörigen gebeugten Strahlen erfolgt, nur dioptrische Strahlen weiter ziehen und in der der Objectebene conjugirten Bildebene das Structurbild erzeugen. Es ist wahr, dass, wenn man aus dem weiten Beleuchtungskegel irgend wo immer einen engen Strahlenkegel herausschneidet und diesen, bei Abblendung der gebeugten Strahlen, für sich allein zur Wirkung kommen lässt, oder wenn man die Apertur des Objectivs unter ein gewisses Minimum reducirt, das Structurbild nicht zu Stande kommt. Das beweist aber nur so viel, dass der Kegel von dioptrischen Strahlen, die in das Objectiv gelangen, ebenso wie der Beleuchtungskegel, eine bestimmte nicht mehr zu verengende Apertur haben muss, um ein wahrnehmbares dipotrisches Refractionsbild der betreffenden Structur zu erzeugen. Die Ursache davon kann in der HELMHOLTZ'schen Oeffnungsbeugung (s. p. 489 u. f., p. 505 u. f. und p. 560) bestehen.

Und in der That zeigt das Bild, welches man von *Pleurosigma angulatum*, in Luft eingeschlossen mit einem apochromatischen Objectivsystem von 1·40 N. A. und 3 mm Brennweite, mit einem effectiven Beleuchtungskegel von 0·30 N. A., bei Einstellung des Bildes der Lichtquelle genau in die Ebene der vorderen Oeffnung des Objectivs bekommt, keineswegs die Eigenschaften eines Diffractionsbildes, an dessen Erzeugung nur Diffractionsspectra erster und höchstens zweiter Ordnung betheiligt sind. Die Wahrnehmbarkeit der Structur scheint nur auf der unvollkommenen Erfüllung der Bedingungen des reinen Absorptionsbildes von Seiten des Präparates, nämlich auf unausgeglichenen Lichtbrechungsverschiedenheiten, zu beruhen. Die schon von anderen behaupteten[1] und von mir nachgewiesenen Quarz-

---

1) WENHAM behauptete schon 1860 (s. bei G. C. WALLICH [8] und J. MITCHELL [1] 1860), dass der Panzer von *Pleurosigma* aus Quarzkörnchen besteht. Später hat er diese Ansicht aufgegeben (s. F. H. WENHAM [10]

körnchen des Panzers (APÁTHY [10] 1891) erscheinen bei mittlerer Einstellung als rundliche helle Felder, etwas heller, als das freie Gesichtsfeld; ihr Durchmesser ist, auf dem auf p. 421—424 beschriebenen zeichnerischen Wege bestimmt, (wenigstens in den als *Pleurosigma* angulatum bezeichneten MÖLLER'schen Probeobjecten) nahezu $1/2$ μ. Sie werden von einander durch Zwischenräume getrennt, welche weniger hell sind als das freie Gesichtsfeld und etwa $1/8$ μ messen. Die grössere Helligkeit der Felder kommt von der Concentrirung des Lichtes durch die stark brechenden Quarzkörnchen her; sie nimmt gegen die obere Hemisphäre der letzteren zu; die geringere Helligkeit der hier mit Luft gefüllten Zwischenräume wird durch das Zusammenfliessen der oben erwähnten, infolge von Interferenz entstehenden sehr dünnen Grenzlinien der Quarzkörnchen verursacht. Aber dasselbe Verhältniss der Dimensionen der Körnchen und der Zwischenräume sieht man mit einem Immersionssystem von nur 1·25 N. A., ja sogar mit einem guten apochromatischen Trockensystem von 0·95 Apertur, aber tadelloser Definition. Würde es sich nun im letzteren Fall wirklich um ein Interferenzbild niedrigster Ordnung handeln (und ein anderes kann nicht entstehen, da der centrale Beleuchtungskegel von 0·30 N. A. keine so schrägen Strahlen enthält, die auch Diffractionsspectra zweiter Ordnung in die Objectivöffnung hineinbringen könnten[1]), so müssten die hellen Felder und die dunkleren

---

1864), nachher begründete er sie wieder eingehender ([8] 1869, p. 25-26). Auch J. B. READE [8] fasste die Structur des *Pleurosigma*-Panzers so auf.

[1]) In der Oeffnung eines Oelimmersionssystems erscheinen zwar die Diffractionsspectren von *Pleurosigma* angulatum bei der hier in Betracht gezogenen Beleuchtung in zwei concentrischen Kreisen zu je 6, den Ecken, beziehungsweise den Seiten eines gleichseitigen und isodiametrischen Sechseckes entsprechend, a l t e r n i r e n d angeordnet, doch müssen wir sowohl die Spectren des inneren, als auch des äusseren Kreises als Diffractionsspectren erster Ordnung betrachten, nur gehören die des äusseren Kreises einem anderen System von drei, sich unter 60° kreuzenden Linien zu, welche näher zu einander stehen, als die drei Linien des Systems, zu welchem die Spectren des inneren Kreises gehören. Dass durch die eigenthümliche Anordnung der Quarzkörnchen des *Pleurosigma*-Panzers zunächst zwei Gruppen von je drei Systemen sich unter 60° schneidender Parallellinien entstehen müssen, in welchen Gruppen von Systemen die Linien verschieden dicht angeordnet sind, das geht wohl aus meiner *Pleurosigma*-Schrift (APÁTHY [10]) zur Genüge hervor. Der Abstand der Linien der einen Gruppe *(a)* entspricht der Höhe, der der Linien der anderen Gruppe *(b)* der halben Seite eines gleichseitigen Dreiecks. Unter der obigen Voraussetzung ist also der Abstand der Streifen $a = 0{\cdot}540$ μ, der der Streifen $b = 0{\cdot}3125$. Sowohl die Berechnung, als auch die Construction zeigt, dass die der Gruppe b entsprechenden Spectren des äusseren Kreises 1·73 mal so weit von der optischen Achse (d. h. vom dioptrischen, ungebeugten Strahlenbündel), als Centrum des Kreises, entfernt sein müssen, wie die der Gruppe a entsprechenden sechs Spectren des inneren Kreises. Bei genau centraler Beleuchtung und Licht von 0·55 μ Wellenlänge, d. h. mit den im gewöhnlichen Tageslicht optisch prädominirenden Lichtstrahlen, gehen nicht einmal die Spectren I. Ordnung der Liniensysteme a ganz in

Zwischenräume nahezu gleich breit sein, wie sie auch EICHHORN construirt hat; in Wirkichkeit sind aber die hellen Felder etwa 4 mal so breit, wie die Zwischenräume. Dazu kommt noch, dass die Felder nicht überall gleich gross sind, falls man auch die Körnchen gleich äquatorial einstellt. Besonders an den Enden der Panzer sind sie oft sehr verschieden; beinahe immer giebt es dort Reihen von mit der Mittelrippe parallel länglichen Körnchen. Auch hören sie auf, mit einander in den benachbarten Querreihen zu alterniren. Die verschieden grossen Körnchen sind neben zertrümmerten Panzerenden isolirt vorzufinden und ihre Eigenschaften dort unabhängig von der Diffraction benachbarter Elemente zu bestimmen.

Wenn man die Apertur des Condensors durch Oeffnen der Irisblende, bei Anwendung desselben Oelimmersionssystems von 1·40 N. A., allmählich vergrössert, so werden die früher sehr auffälligen Helligkeitsunterschiede im Bilde immer geringer und zwar bis zur maximalen effectiven Apertur von 1·00[1] ohne eine merkliche Aenderung des Verhältnisses der Breite der hellen Felder und der dunklen Zwischenräume. Ersetzt man aber selbst die Immersionslinse durch das Trocken-Apochromat von 0·95 N. A., so macht sich auch nur das geringere Definitionsvermögen der Linse, nicht aber eine Aenderung des Charakters des Bildes bemerkbar, obwohl bei dieser Apertur des Objectivs selbst bei voller Beleuchtung nur Diffractionsspectra erster Ordnung (die der Systeme *a* und *b*) sichtlich mitwirken können, während bei der Apertur 1·40 auch die der zweiten Ordnung der Systeme *a* wirklich sichtbar thätig sind.

Im Wesentlichen gleiche Beobachtungen habe ich sogar an *Amphipleura* pellucida gemacht. Mit dem apochromatischen Immersionssystem von 1·40 N. A. bei der auf p. 463 geschilderten Beleuchtung besehen, erwiesen sich die dunklen Querlinien bedeutend schmäler als die hellen Streifen, welche sie von einander trennen, und es war gar keine Verschwommenheit, kein allmählicher Uebergang von Hell und Dunkel wahrnehmbar.

Ist ein Object so beschaffen, dass es eine nennenswerthe Diffraction hervorruft und dass seine Structur mit einem gewissen Objectiv nur als Diffractionsbild wahrnehmbar ist, so könnte wohl nach der Diffractionstheorie auch das Bild der Structur, welches man mit einem Objectiv von viel grösserer

---

die Apertur (0·95) des aprochr. Trockensystems von 4 mm Brennweite hinein; demnach sind die Spectren II. Ordnung nur bei schiefster Beleuchtung in der Oeffnung dieses Objectivs überhaupt wahrnehmbar. Also können praktisch mit einer Trockenlinse nur die Spectren erster Ordnung der Systeme *a*, mit einer gewöhnlichen Oelimmersionslinse von 1·25 N. A. die Spectren erster Ordnung der Systeme *b* nur bei schon schiefem Lichte zur Wirkung kommen. Spectren zweiter Ordnung von *Pleurosigma* spielen im Bilderzeugen nur bei unseren besten Apochromaten und unter günstigen Bedingungen in wirklich wahrnehmbarer Weise mit.

[1]) Für ein in Luft eingeschlossenes Präparat ist nämlich 1·00 die grösste numerische Apertur der Lichtkegel, welche das Object treffen können, selbst wenn man, wie ich es thue, um den Lichtverlust durch Reflexion an der unteren Fläche des Objectträgers zu vermeiden, einen Immersionscondensor von 1·40 Apertur benützt.

Apertur bekommt, immer nur ein Diffractionsbild sein. Dass dies nicht der Fall ist, haben wir auf p. 514 u. f. für *Triceratium* schon nachgewiesen. Und das, was für *Triceratium* gilt, muss auch im Allgemeinen, also auch für *Pleurosigma* und *Amphipleura*, gelten.

Ich habe versucht, die Ursache der Diffraction im *Pleurosigma*-Panzer, nämlich die Ungleichheiten der Lichtbrechung, dadurch zu beseitigen, dass ich die Zwischenräume der Quarzkörnchen mit einem Einschlussmedium vom Brechungsindex des Quarzes (alkoholische Lösung von Glycerin, allmählich bis zum erforderten Brechungsindex eingedickt) füllte. Das ist nun keineswegs leicht; ist die obere und untere Membran des Panzers, welche die Lage von Quarzkörnchen zwischen sich einschliessen, unversehrt, so geht es überhaupt nicht[1]. Es ist mir an Panzerstücken, von welchen die eine der Membranen abgelöst war, besonders an kleineren Trümmern gelungen. Die Structur war überhaupt nicht zu sehen. Dann wollte ich, wie man bei gröberen Diatomeen schon wiederholt mit Erfolg gethan hat, einen Farbstoff, und zwar nicht, wie meine Vorgänger, einen undurchsichtigen, sondern einen durchsichtigen, in die Zwischenräume hineinbringen und die *Pleurosigma*-Panzer dann in das Medium von gleichem Brechungsindex einlegen; natürlich suchte ich auch den Farbstoff in einem ähnlich brechenden Medium zu lösen. Auf diese Weise wollte ich sowohl die Bedingungen des Refractionsbildes als auch des Diffractionsbildes beseitigen, die des Absorptionsbildes aber umso vollkommener erfüllen. Die Schwierigkeiten, auf welche die Ausführung dieses Planes stiess, waren so gross, dass ich bis jetzt keine vorwurfsfreien Resultate erzielen konnte. Ich erwähne jedoch diese Versuche; denn, sollten sie mir oder einem Anderen glücken, und würde dann die Zeichnung von *Pleurosigma* angulatum die experimentell ergründete Structur vollkommen decken, so wäre es endgültig erwiesen, dass das Mikroskop ähnliche Structurverhältnisse nicht nur secundär, sondern auch direct, abzubilden im Stande ist[2].

Darauf scheinen übrigens auch meine schon erwähnten (p. 524 und mehrere andere Stellen) Erfahrungen an tadellosen Tinctionspräparaten mit isolirender oder kontrastreich differenzirender Färbung hinzudeuten, bei welchen die Beugungswirkung des Präparates, die Unterschiede der Lichtbrechung und die Undurchsichtigkeit gewisser Elemente, praktisch so gut wie vollkommen auszuschliessen ist, wie ich es ebenfalls schon erwähnt habe. Es giebt

---

[1]) Würde die Structur des *Pleurosigma*-Panzers (und anderer ähnlicher Diatomeen) in Vertiefungen oder Erhabenheiten der Oberfläche bestehen, so müsste die Zeichnung durch einfaches Einlegen in ein Einschlussmedium von entsprechendem Brechungsindex leicht zum vollkommenen Verschwinden zu bringen sein. Das ist aber keineswegs der Fall. Die Zeichnung bleibt an unversehrten Panzern ebenso gut sichtbar, wie in Luft, nur sind die Helligkeitskontraste etwas geringer, was aus der von mir angegebenen Beschaffenheit des Panzers (s. APÁTHY [10], Figur 6) zu erklären ist.

[2]) Die Versuche früherer Autoren, von welchen ich hier nur J. B. DANCER [1] 1886, T. F. SMITH [1] 1889, C. HAUGHTON GILL [1] 1890 und denselben [2] 1891 erwähnen will, sind nicht zu verwerthen, weil sie die Bedingungen der Diffraction des Objectes an sich nicht beseitigt haben.

verschiedene Muskelfasern, bei welchen die Querstreifung mindestens so dicht ist, wie die Körnchenreihen im *Pleurosigma*-Panzer. Es ist mit meiner Dreifachfärbung (s. w. u. im XII. Abschnitt) leicht, die Muskelfasern in Schnitten so zu tingiren, dass die mit Z bezeichneten „Zwischenscheiben“ eine intensiv blaue, die mit Q bezeichneten „Querscheiben“ eine lebhafte orange, die isotropen Scheiben eine blass rosarothe Farbe erhalten, die Zwischensubstanz aber ganz farblos bleibt. Schliesst man nun solche 1—2 μ dicke Schnitte in Cedernholzöl-Balsam ein und wartet, bis das Harz die Muskelsubstanz vollkommen durchdrungen hat, so realisirt man die Bedingungen des reinen Absorptionsbildes vollkommen, während man die Diffraction praktisch unmöglich macht. Mit einem apochromatischen Immersionssystem von 1·40 N. A. und einem Immersionscondensor von derselben Apertur und das Bild der Lichtquelle (AUER'sches Licht) in die Ebene der vorderen Oeffnung des Objectivs projicirt, zeigt sich jede Art von Scheiben in ihrer charakteristischen (auch bei isolirender Tinction mit dem betreffenden Farbstoff zu erhaltenden) Farbe und in ihrer charakteristischen Breite. Ich kann nicht glauben, dass dies möglich wäre, wenn das Structurbild auch hier auf dem Wege von Interferenz zu Stande kommen würde, und zwar aus folgenden weiteren Gründen.

Höhere oder tiefere Einstellung macht für das Bild hier keinen Unterschied; d. h. es ist überhaupt nur bei einer gewissen genauen Einstellung sichtbar. Ungefärbte Muskelfasern lassen unter solchen Bedingungen gar keine Zeichnung erkennen. Schliesst man sie aber in einem schwach brechenden Medium ein und beleuchtet sie mit einem engen Lichtkegel, so tritt deutlich eine Zeichnung hervor, welche aber die bekannte Verschiedenheit bei tiefer und hoher Einstellung und je nach dem sehr verschiedene Dickenverhältnisse der einzelnen Scheiben zeigt. Das Bild ist schwer zu deuten und unzuverlässlich. (cfr. O. ZOTH [2] 1890 über die beugende Structur der quergestreiften Muskelfasern.)

Und damit sind wir wieder zu unserer früheren Schlussfolgerung gelangt, dass nur reine Absorptionsbilder sichere Schlüsse zulassen und uns auch über die Täuschungen der Diffraction hinweghelfen, endlich auch das Gebiet der wissenschaftlichen Beobachtung weit über die durch die Diffractionstheorie gezogenen Schranken ausdehnen. Daraus folgt aber, dass die Beleuchtung mit einem Lichtkegel von maximaler Apertur die vollkommenste ist. Die Methoden, sie für das Präparat anwendbar zu machen, sind der hauptsächlichste Gegenstand der weiteren Abschnitte dieses Buches. —

K. STREHL [1] kommt auf anderem rechnerischem Wege zu dem ABBEschen Resultat in Betreff der Grenze der mikroskopischen Unterscheidbarkeit. Nach ihm ist es einerlei, ob man ein selbstleuchtendes Object bei voller Apertur des Beleuchtungskegels (nach HELMHOLTZ) oder ein durchleuchtetes Object mit einem sehr engen, aber sehr schiefen Lichtkegel beobachtet, die Grenze bleibt dieselbe. Wie grundverschiedene Resultate jedoch diese zwei Methoden der Untersuchung in der Praxis geben, haben wir schon gezeigt.

Erwähnen will ich auch hier das auf p. 413 schon besprochene Kupfer-Jodfilter von E. ZETTNOW (3). Es schneidet alle Lichtstrahlen, ausser zwischen den FRAUNHOFER'schen Linien G und H, ab, lässt aber viel zu

wenig Licht durch, um bei anderen Objecten als Diatomeen und dergl. brauchbar zu sein. Bei tingirbaren Objecten wäre es auch sonst überflüssig, da wir bis jetzt keine Stracturverhältnisse kennen, welche nicht auch mit weissem Lichte deutlich und vollkommen objectähnlich im reinen Absorptionsbilde darstellbar wären, abgesehen davon, dass die Aberrationsreste des Mikroskops, aber unter den oben auseinandergesetzten Bedingungen nur diese, der Unterscheidbarkeit Schranken setzen. Ich spreche von dieser nur als von einer solchen Möglichkeit, weil wir keine tingirbaren Objecte kennen, bei denen der Abstand der Elemente nicht innerhalb der Grenzen läge, welche wir auch in Uebereinstimmung mit der ABBE'schen Theorie als für unsere heutigen Mittel erreichbar bezeichnen dürfen. Ueberhaupt unbrauchbar ist das Kupfer-Jodfilter bei Präparaten, welche in gelblichen Medien eingeschlossen sind. Ein Realgar-Präparat lässt z. B. nichts von den zwischen den Linien G und H befindlichen Lichtstrahlen durch. — Weiter erwähne ich auch den „directen Kühler" von OSK. ZOTH [1] nochmals (s. oben pag. 413), indem ausnahmsweise auch bei der Ocularbeobachtung Fälle vorkommen (z. B. wenn man lebende Organismen untersucht), wo die Erwärmung des Präparates durch das intensive Licht schädlich werden kann. Ebenso haben auch die von ZOTH ebenfalls erwähnten Versuche von MELLONI [1] aus 1833 eine praktische Bedeutung für uns. Gelegentlich begegnet man Cuvetten mit Alaun- oder anderen Salzlösungen, welche die Wärmestrahlen abhalten sollen. MELLONI hat (s. oben p. 413) nachgewiesen, dass destillirtes Wasser sogar etwas mehr Wärme absorbirt, als diese Salzlösungen. Viel Wärmestrahlen absorbiren dagegen Alaunplatten, welche jedoch bald zu undurchsichtig werden. — A. M. EDWARDS [2]: Glasstab als Beleuchtungsapparat, wie der von MADDOX (s. oben p. 562). — C. REICHERT [3] macht den ABBE'schen Condensor seitlich ausklappbar, was das Ausschalten des Condensors entschieden bequemer macht, als bei der ZEISS'schen Form, allerdings auch leichter Veranlassung zu schlechter Centrirung giebt. — G. P. BATE [1] nennt „white-ground illumination" diejenige Beleuchtung, welche entsteht, wenn man der Dunkelfeldblende eine etwas ausseraxiale Stellung giebt. Diatomeen erscheinen dann silberglänzend auf matt weissem Grunde. Nicht schlechter und nicht besser, wie jede einseitige schiefe Beleuchtung. —

Ich muss endlich hier noch darauf aufmerksam machen, dass die oben besprochenen Interferenzbilder z. B. von *Triceratium* nichts mit den 4 ungewöhnlichen Bildern des Gitters der ABBE'schen Diffractionsplatte zu thun haben, welche in diesem Jahre L. SOHNCKE [1] beschrieben hat. Diese entstehen durch Spiegelung auf der Silberschichte der Diffractionsplatte und auf den Grenzflächen zwischen Luft und Glas im benutzten Objectivsystem (aa von ZEISS, mit Ocular IV). SOHNCKE sagt p. 223, die Art der Beleuchtung sei von keinem wesentlichen Einfluss auf sie. Doch finde ich, dass sie, wenigstens das Bild I und II (p. 225-26) am deutlichsten zu sehen sind, wenn man eine enge Sehfeldblende benutzt (die Cylinderblende mit der engsten Oeffnung ganz an den Objectträger geschoben, oder, weniger gut, die zugezogene Irisblende mit Condensor) und den Spiegel so stellt, dass ein Halbschatten in das Gesichtsfeld fällt, oder, nach Entfernung des Condensors, eine Sternblende in den Diaphragmenträger einsetzt. Die Apertur des

Lichtkegels an und für sich hat keinen Einfluss auf das Bild, nur soll sie nicht viel enger sein, als die des Objectivs, weil dann das reflectirte Licht nicht mehr genügt. Ich erwähne diese Beobachtungen, weil auch bei anderen spiegelnden Objecten ähnliche Bilder vorkommen, wie schon G. RAINEY [1] 1854 (s. oben p. 455) gezeigt hat, und weil unter Umständen sogar die Spiegelung des Deckglases genügt, um falsche Bilder zu erzeugen.

1894 Obgleich ABBE wiederholt betonte, z. B. in [12] p. 416 und in [16a] an mehreren Stellen, dass seine Theorie nicht der Sichtbarkeit, sondern der Unterscheidbarkeit jene Grenzen stellt, behandelt A. FOCK [1] 1894 doch die Grenzen der Sichtbarkeit auf der Grundlage der Theorie der secundären Abbildung. Nach dieser Theorie ist die theoretische Grenze der Unterscheidbarkeit im centralen weissen Lichte die Entfernung $s = 0{\cdot}39\ \mu$, bei schiefer Beleuchtung und mit ultravioletten Strahlen von 350 $\mu\mu$ Wellenlänge $s = 0{\cdot}125\ \mu$ (s. auch CZAPSKI [2] p. 155 und BEHRENS [1b] p. 52-53); also glaubt FOCK, dass alle Objecte unter diesen Dimensionen uns für immer verborgen bleiben müssen. Dass es keineswegs so ist, zeigt ein Blick in ein gutes Neurofibrillenpräparat sofort, in welchem Neurofibrillen von in günstigen Fällen nicht mehr als 0·05 μ Dicke, natürlich mit weitem Lichtkegel, gut zu verfolgen sind (s. APÁTHY [11]). Gäbe es noch feinere Structurelemente, die wir ebenso intensiv isolirt färben könnten, so würden wir diese mit unseren heutigen Mitteln ebenso gut sehen, wie die feinsten Neurofibrillen. Wenn wir FOCK auf das Gebiet der Hypothesen folgen, so dürfen wir behaupten, dass gewisse Molecüle der organischen Substanzen, namentlich die sicher aus sehr vielen Atomen zusammengesetzten und daher verhältnissmässig riesigen Molecüle der die lebende Zelle bildenden Substanzen (Verbindungen der Nucleïnsäuremolecüle mit hochorganisirten, noch nicht zerfallenen Eiweissmolecülen im Zellkern, die ALEXANDER SCHMIDT'schen Cytin- und Cytoglobinmolecüle etc.) vielleicht noch zu sehen wären, wenn wir einzelne von ihnen isolirt färben könnten. Soll ja der Durchmesser des Wasser-Molecüls nicht weniger als 0·00009 μ, nahezu 0·1 Millimikron, also nur etwa 500 Mal kleiner sein, als der Durchmesser der feinsten Neurofibrillen, die ich darstellen kann. Schon einem Chromatinmolecül (nicht Nucleïnsäuremolecül) dürfen wir wohl über 3000 Atome und dann mindestens den Durchmesser von 1 Millimikron zumuthen, und so die feinsten, isolirt tingirbaren Granula unserer Präparate als verhältnissmässig kleine Gruppen von Molecülen betrachten. Demnach sehe ich die Möglichkeit, dass es, wie FOCK und mehrere andere glauben, noch eine ganze Welt von Organismen geben könnte, welche unserem Auge für immer verhüllt blieben, so ziemlich ausgeschlossen. Bessere Präparationsmethoden lassen uns nahe an die Molecüle der Protoblasten vordringen, ohne dass wir vom Mikroskop noch mehr verlangen müssten, als die weitere Beseitigung der Aberrationsreste — und eine weniger vergängliche Durchsichtigkeit der Apochromate. Dasselbe Confundiren der Unterscheidbarkeit mit der Sichtbarkeit und demnach ähnliche Ansichten über die Grenzen des mikroskopisch Sichtbaren finden wir auch in einem Aufsatz von J. AMANN [1] im folgenden Jahr.

AUG. KÖHLER's [1] Beleuchtungsmethode, welche sich auch bei Ocularbeobachtung anwenden lässt, haben wir oben p. 416-418 schon besprochen. —

C. TROESTER's [2] „Methode“, welche im Centralbl. Pract. Parasitenk. (16. Bd. p. 981-982) mit grossem Lob referirt wird, ist nur etwas mehr als 200 Jahre alt. ROBERT HOOKE [1] 1665 (s. oben p. 430) hat seine Objecte genau so beleuchtet, wie TROESTER. Dieser macht die Lichtstrahlen einer Lampe mit einer Sammellinse parallel, concentrirt sie mit einer Schusterkugel auf eine matte Scheibe und benützt diese als Lichtquelle für den Condensor. Mir genügt eine Auerlampe mit einem matten Cylinder (oder Augenschoner) allein, um bei den allerstärksten Vergrösserungen, und eine matte Scheibe im Diaphragmenträger des Condensors, um bei schwachen Vergrösserungen zu mikroskopiren; und diese „Methode“ ist wohl noch einfacher als die von HOOKE-TROESTER, denn ganz für TROESTER können wir den Ruhm dieser Erfindung doch nicht überlassen. Eine matte Scheibe im Diaphragmenträger ersetzt übrigens auch KÖHLER's Verfahren in den meisten Fällen. — E. M. NELSON [17] bespricht noch einmal und eingehender die Wirkung und die Vortheile der Spiegel, welche durch Versilbern der einen Fläche von Linsen entstehen.

J. W. GIFFORD [1]: Lösungen von Malachitgrün als Lichtfilter. Bei gewisser Herstellung lassen sie nur Lichtstrahlen von der Linie E bis F durch. Dieses blaugrüne Licht ist heller, als das nach ZETTNOW durch Kupfer-Chrom- oder Kupfer-Jodlösungen filtrirte, weshalb sich GIFFORD's Filter besser für Ocularbeobachtung eignen würde.

Im folgenden Jahr, 1895, empfiehlt J. W. GIFFORD [2] Methylgrün statt Malachitgrün: dünne Schichte einer Glycerinlösung zwischen zwei runden Deckgläsern, welche durch einen Metallring zusammengehalten werden. So kann das Lichtfilter bequem in dem Diaphragmenträger des Condensors Platz finden. Als violettes Lichtfilter schlägt er eine Methylviolett-Lösung vor, welches von der Linie B an alles Licht absorbirt, ausser zwischen F und G. Er macht indessen auf die schon von NELSON erwähnte Beobachtung aufmerksam, dass es im Handel keine Linsen giebt, deren sphärische Aberration für das violette Licht gehörig corrigirt wäre, weshalb man mit den violetten Filtern schlechtere Bilder (namentlich Photogramme) bekommt, als z. B. mit den grünen. Er wirft p. 146 die Frage auf, weshalb die Optiker nicht auch Objectivsysteme verfertigen, bei welchen sie in erster Linie die Correction der sphärischen Aberration für violettes Licht berücksichtigten. Die Antwort darauf ist, glaube ich, sehr einfach. Die Aufgaben, für welche derartige Linsen den anderen, besonders den Apochromaten, überlegen wären, sind von zu sehr untergeordneter Bedeutung, d. h. praktisch von gar keiner Bedeutung. Leute, welche so grosses Gewicht auf farbiges Licht legen, sehen die wichtigsten Ziele der Mikrographie im Auflösen von Testobjecten. So muss auch A. M. EDWARDS [3] denken, als er erklärt, dass die Farbe des Lichtes das wichtigste Moment bei der Beleuchtung ist, während die höchsten Ziele einer feineren mikrographischen Untersuchung in Wirklichkeit, mit wenigen Ausnahmen, ein glanzloses, aber sehr intensives, weisses Licht erheischen, weil ihr bei weitem wichtigstes Mittel die reinen Absorptionsbilder sind.

1895

„Das Mikroskop“ von A. ZIMMERMANN [5] ist seit DIPPEL das erste deutsche Buch, welches sich, obwohl es für den praktischen Mikroskopiker bestimmt ist, wieder etwas eingehender mit der Theorie des Mikroskops und

seiner Nebenapparate beschäftigt. Seine Darstellung ist kurz, einfach und leicht verständlich, dem Anfänger sehr zu empfehlen; nur ist sie zu einseitig. Sie lehnt sich ganz auf ABBE, in Betreff der Beleuchtungstheorie auf NÄGELI und SCHWENDENER. Von Beleuchtungsapparaten ist nur der von ABBE berücksichtigt. Als selbst praktischer Mikroskopiker musste natürlich auch ZIMMERMANN p. 100 den Rath geben, Objecte, bei welchen es auf die Beobachtung von Farben ankommt, bei möglichst grosser Oeffnung des Beleuchtungskegels zu untersuchen; sogar bei ungefärbten räth er, keinen zu schmalen Beleuchtungskegel zu benützen, weil „viele feine Structuren, die man bei centraler Beleuchtung mit einem Strahlenkegel von geringer Ausdehnung nicht aufzulösen vermag, bei grossem Oeffnungswinkel des Beleuchtungsapparates deutlich wahrgenommen werden können.“ Die Richtigkeit dieser praktischen Regel beruht auf anderen Gründen, wie wir sahen. Der grosse Gegensatz zwischen ihr und den Postulaten der ABBE'schen Theorie wird nicht erwähnt. Neben etwas Mangel an Consequenz ist ein kleiner Fehler des Buches die zu geringe Genauigkeit der Ausdrucksweise. So heisst z. B. auf p. 51 „dass die Sichtbarmachung feiner Structuren, das „Definitionsvermögen“ eines Systems, in erster Linie von dem Oeffnungswinkel desselben abhängig ist.“ Statt Definitionsvermögen sollte Auflösungs- oder mit ABBE Abbildungsvermögen stehen (s. ABBE [12] 1881 p. 411-418); wie ja diese Ausdrücke auf p. 122-127 auch ZIMMERMANN richtig gebraucht. — Während J. AMANN [1] vom Standpunkte der Theorie der secundären Abbildung die Fähigkeiten des Mikroskops erörtert (wobei er, wie gesagt, die Begriffe Sichtbarkeit und Unterscheidbarkeit confundirt), will C F. COX [2] nicht zugeben, dass der im mikroskopischen Bild erreichbare Grad der Objectähnlichkeit feinster Structuren von der Apertur des Objectivsystems abhinge. In wiefern und weshalb eine solche Abhängigkeit doch existirt, haben wir oben auseinandergesetzt.

S. CZAPSKI [6] beschreibt 1895 den herausklappbaren Condensor und die „Iris-Cylinderblendung“ der ZEISS'schen Werkstätte. Diese Form des herausklappbaren Condensors hat vor dem erwähnten REICHERT'schen den Vortheil, dass er nicht erst hinuntergeschraubt werden muss, sondern nach dem Seitwärtsschlagen des Irisdiaphragmen-Trägers sofort nach unten geklappt und seitwärts gedreht werden kann, wodurch das Ausschalten etwas rascher geschieht. Wie sich CZAPSKI in der wohl noch immer gebräuchlichen, aber unrichtigen Weise ausdrückt, kann man dadurch unmittelbar vom convergenten Licht zum parallelen übergehen. Die Lichtstrahlen, welche nach Entfernen des Condensors vom Spiegel direct zu den einzelnen Objectpunkten gehen, sind, wie schon NÄGELI und SCHWENDENER zeigten, ebenso wenig parallel, wie bei Benutzung des Condensors. Wenn man die Apertur des Condensors gehörig verengt, bilden die sich in den Objectpunkten kreuzenden Lichtstrahlen einen ebenso kleinen Winkel, wie ohne Condensor, bei Benutzung irgend einer Cylinderblende in passender Stellung.

Der kleine Vortheil des rascheren Auswechselns des ZEISS'schen Condensors wird durch eine geringere Haltbarkeit als die des REICHERT'schen Condensors und besonders dadurch erkauft, dass die Centrirung sehr leicht verdirbt. Zieht man noch in Betracht, wie selten man in die Lage kommt, den Condensor entfernen zu müssen, so kann man die Modification kaum

empfehlen. Ich kenne auf dem Gebiete der organischen Morphologie kein so zartes Object, und wäre es die feinste Bakteriengeissel, welche, bei geeigneter Präparation auch ungefärbt, nicht auch bei Belassung des Condensors gut zu sehen wäre, wenn man nur die Apertur im richtigen Grade verengt und auch sonst für gehöriges Licht sorgt. Dass man den Condensor in keinem Fall unbedingt ausschalten muss, sah auch die Firma ZEISS ein, und CZAPSKI sagt auf p. 434, sie habe die Neuerung nur auf den dringenden Wunsch zahlreicher Klienten eingeführt.

Dem fügt CZAPSKI einige Bemerkungen über die Condensoren hinzu, welche das von ABBE [2] und [5] 1873 Gesagte wiederholen. Er betont sogar, dass der Name Condensor sehr unpassend, wirklich ein lucus a non lucendo sei. Diese Ansicht suchten wir oben von verschiedenen Gesichtspunkten zu mehreren Malen (p. 469 u. f., p. 484 u. f. und p. 554 u. f.) zu widerlegen. Hier stehe noch eine Bemerkung! Ist es auch wahr, dass man bei gleicher Apertur des Lichtkegels, infolge des unvermeidlichen Lichtverlustes, mit dem Condensor eine etwas geringere specifische Intensität der Beleuchtung bekommt, als ohne Condensor, so ist die Bezeichnung lucus a non lucendo doch ungerecht. Die einzig richtige, auf das praktische Resultat hinzielende Fragestellung ist die: kreuzen sich — eine gleiche, beschränkte leuchtende Fläche vorausgesetzt (also bei gleicher Leuchtkraft, gleicher Ausdehnung und Entfernung der Lichtquelle) — mit oder ohne Condensor mehr Lichtstrahlen in den einzelnen Objectpunkten des objectiven Sehfeldes? Man kann sich durch den Versuch so leicht davon überzeugen, dass der Condensor dem eingestellten Bilde de facto mehr Licht giebt, als der Spiegel allein, dass es einen über die Hartnäckigkeit wundert, mit welcher noch immer an der einseitigen NÄGELI-SCHWENDENER'schen Beleuchtungstheorie festgehalten wird. Zum Vergleichen darf man natürlich kein Objectiv wählen, dessen Apertur nur so gross ist, wie die des Lichtkegels, den der Spiegel für sich liefern kann, also z. B. eines von 0.30 N. A., sondern ein solches, dessen Apertur dem vom Condensor gelieferten Lichtkegel gleichkommt, also bei den ABBE-schen Trockencondensoren eines von nahezu 1·00 N. A. (das apochromatische Objectiv 4 mm, 0·95 N. A. thut es schon); denn nur ein solches kann die vom Condensor zugeführten Strahlen alle aufnehmen und für das mikroskopische Bild verwerthen. Würde der Condensor dieselbe Anzahl von Lichtstrahlen, welche der Spiegel allein liefert, also den Lichtkegel von 0.30 N. A. nur zu einer Apertur von 1.00 ausbreiten, ohne neue Lichtstrahlen in das Objectiv zu führen, welche ohne ihn nicht hingelangten, so müsste das mit dem Objectiv von 0·30 N. A. erzeugte Bild mit Condensor bedeutend lichtschwächer als ohne Condensor sein. Das ist aber keineswegs der Fall; beide Bilder sind gleich lichtstark. Also enthält der von Objectiv von 0.30 N. A. allein aufgenommene centrale Theil des vom Condensor gelieferten Lichtkegels nahezu eben so viele Lichtstrahlen, wie der gesammte vom Spiegel erzeugte Lichtkegel von 0·30 N. A. Der Theil des vom Condensor gelieferten ganzen Kegels, welcher sich ausserhalb des mit einem Objectiv von 0·30 N. A. benützten centralen Kegeltheiles befindet, bringt durch ein Objectiv von grösserer Apertur Lichtstrahlen in das mikroskopische Bild, welche vom Spiegel allein nicht dorthin gelangen könnten. Der Condensor erzeugt

natürlich keine Lichtstrahlen, er lenkt nur, wie oben gezeigt wurde, Lichtstrahlen, die infolge ihrer Richtung für die Beleuchtung sonst verloren gingen, in das Objectiv. In der Praxis trifft nicht einmal der obige, theoretisch begründete und zugegebene Satz zu: in der Regel giebt der Condensor dem mikroskopischen Bilde sogar bei gleicher Apertur des Lichtkegels ein intensiveres Licht. Die uns zu Gebote stehende primäre Lichtquelle ist meist entweder nicht gleichmässig licht (z. B. der Himmel mit hellen Wolken), oder sie ist überhaupt wenig ausgedehnt (z. B. eine Flamme). In beiden Fällen erscheint die unmittelbar benützte Lichtquelle, die Spiegelfläche, ungleich hell. Hat man keinen Condensor, so muss man die ganze Spiegelfläche von der üblichen Grösse ausnützen, um Lichtkegel von 0·30 N. A. zu bekommen. Dagegen genügt dem Condensor, um dieselbe Anzahl von Lichtstrahlen zu einem ebensolchen Kegel zu vereinigen, ein ganz kleiner Theil der Spiegelfläche, etwa gerade ein so grosser, welcher den hellsten Theil der Lichtquelle spiegelt, und wir können den Spiegel immer so stellen, dass das Bild dieses Theiles in die optische Achse fällt. Dann erreicht man dasselbe, wie ohne Condensor in dem Falle, wenn die ganze Spiegelfläche so hell wäre, wie der mit dem Condensor benützte kleine Theil. Kurz, er vereinigt mehr Licht in dem abzubildenden Objectpunkt als der Spiegel allein, sein Name Condensor ist demnach nicht nur nicht „ganz besonders unglücklich“, wie CZAPSKI p. 434 sagt, sondern geradezu höchst passend.

Natürlich hängt die Grösse des durch den Condensor beleuchteten Feldes, bei gleicher Apertur, von der Grösse der benutzten Spiegelfläche, im Allgemeinen, wie wir gezeigt haben, von der angularen Ausdehnung der Lichtquelle ab. Sie hängt also, innerhalb der durch die Austrittspupille oder durch die Fassung des Condensorsystems bestimmten Grenze, lediglich von der Grösse des vom Condensor in die Objectebene projicirten Bildes der Spiegelfläche ab; sie ist demnach umso kleiner, je stärker die Vergrösserung des als Objectiv betrachteten Condensors, d. h. je kleiner die Brennweite desselben. Bei der an den grossen ZEISS'schen Stativen vorgesehenen Entfernung des Spiegels vom Condensor füllt dieses Bild der Spiegelfläche die Pupille des Condensors von 1·40 Apertur nicht ganz aus; der Durchmesser des auf diese Weise belichteten Feldes ist etwas mehr als 5 mm, der der Austrittspupille des Condensors etwas mehr als 6 mm. Nähert man den Spiegel dem Condensor, so füllt das Bild der Spiegelfläche, das beleuchtete Feld, die Condensorpupille bald ganz aus; bei weiterer Näherung bedarf es nicht einmal der ganzen Spiegelfläche, um sie auszufüllen. Je mehr man dagegen den Spiegel von dem vorderen Brennpunkte des Condensors entfernt, umso kleiner wird das durch die ganze Spiegelfläche beleuchtete Feld. Würde man die Linsen jenes Condensors entfernen und die Linsenfassungen belassen, so wäre der Durchmesser des beleuchtbaren Feldes etwa 10 mm, welcher durch Einsetzen des Linsensystems auf 6 mm im Maximum reducirt wird. CZAPSKI sagt p. 435, dass die Objectfläche, welche unter Anwendung des Condensors Licht empfängt, zu der ohne Condensor beleuchteten genau im Verhältniss der Quadrate der numerischen Aperturen beider Beleuchtungsweisen steht. Daraus würde folgen, dass das vom Spiegel allein, welcher bei seiner üblichen Grösse und Lage Lichtkegel

von höchstens 0·30 N. A. liefert, beleuchtete Feld viel kleiner wäre, als das mit einem Condensor, welcher Lichtkegel von 1·40 N. A. giebt, beleuchtete, was im Widerspruch mit der von CZAPSKI selbst betonten Verminderung desselben durch den Condensor steht. Die Ausdehnung des durch den Planspiegel allein beleuchtbaren Objectfeldes ist bei unbegrenzter Lichtquelle unbegrenzt (allerdings von einer mit der Entfernung von dem Fusspunkte der vom Spiegelmittelpunkte auf die Objectebene gefällten Normalen abnehmenden Helligkeit), d. h. sie ist nur durch die Beschaffenheit des Objectisches begrenzt. Bei begrenzter Lichtquelle hängt ihr Verhältniss zur Ausdehnung der Lichtquelle von der Grösse des Spiegels und der Entfernung desselben vom Objectfelde und von der Lichtquelle ab. Bei Benutzung eines Condensors wird sich dieses Verhältniss (innerhalb der erwähnten Grenzen) statt nach der wirklichen Grösse und Entfernung, nach der von der Brennweite des Condensors abhängenden scheinbaren Grösse und Entfernung des Spiegels richten. Von der numerischen Apertur der Lichtkegel, deren Spitzen die eigentlichen Objectpunkte sind, also, ein in Luft liegendes Object angenommen, vom Sinus des (je nach der Lage des Objectpunktes verschiedenen) Winkels, den die schiefsten Strahlen dieses Kegels mit der optischen Achse bilden, hängt die Grösse des beleuchteten Feldes überhaupt nicht ab; wohl steht sie aber in einem gewissen Verhältniss zur Tangente des Winkels, den die vom Spiegel reflectirten schiefsten Strahlen mit der optischen Achse bilden.

Eine andere Frage betrifft die Grösse jenes Theiles des beleuchteten Feldes, von welchem Lichtstrahlen in ein Objectiv von gegebener Apertur hineingelangen können. Diese hängt auch bei einer unbegrenzten Lichtquelle von der Grösse und Entfernung des Spiegels ab; bei gleicher Apertur des Objectivsystems nimmt sie umso mehr zu, je grösser die angulare Ausdehnung des Spiegels; bei gleicher angularer Ausdehnung des Spiegels wächst sie mit der Grösse der Apertur des Objectivsystems. Dagegen ist der Theil des auch unter dem Mikroskop hell aussehenden Feldes, von dessen einzelnen Punkten Lichtstrahlen ausgehen, die einen die ganze Apertur des Objectivs füllenden Lichtkegel bilden, umso kleiner, je grösser die Apertur des Objectivs und umso grösser, je grösser der Spiegel. Je geringer also die Apertur des Objectivs, ein umso kleinerer Spiegel genügt, um das ganze objective Sehfeld gleichmässig zu erhellen. Vollkommen gleichmässig ist das objective Sehfeld natürlich nie erhellt, denn die von der optischen Achse weiter gelegenen Punkte der Objectebene werden keine Lichtkegel von so grosser Oeffnung in das Objectiv senden können, wie ein Punkt in der optischen Achse, welcher demnach am hellsten erscheinen muss. In der Praxis gestaltet sich aber dieser Unterschied, wie oben schon gezeigt, so gering, dass er vernachlässigt werden kann.

Um nun zu dem herausklappbaren Condensor zurückzukehren, so kommt es beinahe nie vor, dass man von einer Beobachtung mit Condensor und stärkeren Linsen unmittelbar zu einer solchen mit den schwächsten Linsen übergehen müsste, deren objectives Sehfeld grösser wäre, als das mit einem Condensor von 1·40 N. A. bei der gewöhnlichen Entfernung (am grossen ZEISSS'schen Stativ 8 cm) und Grösse (5 cm) des Spiegels beleuchtete Feld (etwa 5 mm Durchmesser). Da man weiter nach Entfernen des

Condensors auch kein paralleles Licht bekommt, dessen Wirkung man unmittelbar mit dem des convergenten vergleichen könnte, so hat der ausklappbare Condensor von ZEISS vor dem REICHERT'schen gar keinen reellen Vortheil, ja nicht einmal vor dem nicht ausklappbaren ZEISS'schen, dagegen hat es gewisse, oben schon erwähnte Nachtheile. Man brauchte dem Condensor nur einen breiteren Rand geben, damit man ihn bequemer anfassen kann, und seine federnde Hülse überhaupt genauer arbeiten, damit er leicht genug zu entfernen sei[1].

Ebenso überflüssig ist die Iriscylinderblende. Diese ist aus gewölbten Lamellen zusammengesetzt, damit die Blende bis nahe unter das Präparat reiche. Eine ganz oder sehr nahe an den Objectträger gebrachte Blende wirkt aber rein als Sehfeldblende und erfüllt die Aufgabe der Cylinderblenden, welche im Verkleinern der Apertur der Lichtkegel besteht, nicht, da letztere dadurch gar nicht beeinflusst wird, ob die so gelegene Blende eine Oeffnung von 1/2 mm oder 10 mm besitzt. Erst beim Senken der Blende beeinflussen wir allmählich in immer höherem Grade die Apertur, wobei die Blende allmählich aufhört, gleichzeitig eine Sehfeldblende zu sein und ganz zu einer Aperturblende wird. Eine tiefer liegende weitere Blende wirkt als Aperturblende ebenso wie eine höher liegende engere; ungleich wirken sie aber als Sehfeldblenden; die höher liegende reducirt das beleuchtete Feld mehr als das tiefer liegende. Die Reinheit des mikroskopischen Bildes leidet aber infolge des Nebenlichtes, namentlich des auf das Object zurückreflectirten Lichtes oft dadurch, dass das beleuchtete Feld viel grösser ist, als das objective Sehfeld. Die Irisblende unter dem Condensor würde als Aperturblende auch nach dem Entfernen des Condensors genügen; sie ersetzt aber nicht die Sehfeldblende. Würde man aber einen drehbaren Kreissector aus geschwärztem Blech mit einigen verschiedenen Löchern am Rande (1/2 mm, 2 mm, 10 mm würden genügen) in der Dicke des Objecttisches, aber dicht unter der oberen Fläche des Tisches, oder eben dort den HARTING'schen Schieber (s. oben p. 478) oder das DOLLOND-sche Diaphragma (s. oben p. 446) anbringen, so hätten wir in der Zusammenwirkung dieser Sehfeldblende und der gewöhnlichen Irisblende des ABBE'schen Apparates alles, was die Cylinderblenden überhaupt, geschweige denn die theueren und sehr leicht verderbenden Iriscylinderblenden, für immer entbehrlich machen würde. Bei der Benutzung mit dem Condensor wirkt die übliche Irisblende zugleich als Aperturblende und Sehfeldblende; in Verbindung mit dem Condensor ist sie also jeder Cylinderblende vorzuziehen,

---

[1]) Namentlich wenn man den ABBE'schen Beleuchtungsapparat als Immersionscondensor, ohne Auflegen der wiederholt erwähnten Glasplättchen benützt, kommt es leicht vor, dass der Condensor in seiner Hülse festklebt und dann nicht leicht zu entfernen ist. Man könnte das Herunterfliessen des Immersionsöls, welches dieses Festkleben verursacht, leicht dadurch verhindern, wenn die Mikroskopverfertiger auf der oberen Fläche der Condensorfassung nahe zum Rande dieser Fläche, wo sie bedeutend tiefer steht als die obere Linsenfläche, einen kleinen Ringwall anbringen würden. Dieser würde hier gar nicht im Wege stehen und so zu sagen nichts kosten.

ein Beweis, dass es, ausser bei den schwächsten Vergrösserungen, nie nothwendig wird, den Condensor zu entfernen.

E. M. NELSON [18] theilt mit, dass die Firma POWELL & LEALAND seinen schon vor längerer Zeit gemachten (allerdings auf der Hand liegenden) Vorschlag, das Condensorsystem, wie das Objectivsystem, mit einer Correctionsfassung zu versehen, bei ihrem apochromatischen Condensor ausgeführt hat. Jedes aplanatische Condensorsystem kann, ebenso wie ein Objectivsystem nur für eine bestimmte Deckglasdicke, nur für eine bestimmte Objectträgerdicke, richtiger Praeparatdicke, genau corrigirt sein und nur bei Benutzung einer solchen ein fehlerfreies Bild der Lichtquelle projiciren, falls seine Linsen fest gefasst sind. Die Correctionsfassung ermöglicht nun auch hier, durch Veränderung der Entfernung der vordersten Linse von der mittleren, die Verschiedenheiten der Dicke des Präparates zu compensiren. Da nun dadurch nicht nur die Brennweite des Systems geändert wird und deshalb das Drehen der beweglichen Linse ein gleichzeitiges Heben oder Senken des Condensors erfordert, sondern auch die Apertur wechselt, so kann die Correctionsfassung auch die Irisblende ersetzen, wenn man eine drehbare Scheibenblende mit verschieden grossen Löchern benützt, da die zwischen den durch die einzelnen Oeffnungen der am Condensor angebrachten Scheibenblende gegebenen Aperturen befindlichen Abstufungen der Apertur durch Drehen des Correctionsringes eingestellt werden können. Der Correctionsring ist mit einem langen Arm versehen, und der Grad der Drehung ist auf einem Index abzulesen. Ein Vortheil dieser Einrichtung vor der Irisblende soll nach NELSON sein, dass man leicht wieder dieselbe Apertur des Beleuchtungskegels bekommen kann. In Wirklichkeit ist dies aber bei der Irisblende, falls sie, wie bei den grösseren continentalen Beleuchtungsapparaten in der Regel, in einem seitlich herausklappbaren Blendenträger befestigt ist, noch einfacher. Man braucht nur den Blendenträger oben mit einer Eintheilung zu versehen (wie es u. A. REICHERT in der That auch gethan hat), oder dort mit einer Nadel Marken einzuritzen, welche zeigen, wie weit man den kleinen Griff, der die Irislamellen bewegt, in einem gegebenen Fall zu drehen hat. Vortheile kann die Correction des Condensors nur beim Erzeugen eines reinen Absorptionsbildes wirklich besitzen; die Immersion des Condensors (eventuell mit Einlegen von verschieden dicken Glasstückchen zwischen Condensor und Objectträger) kann aber die Correctionsfassung auch dann ersetzen. — W. LIGHTON [3]: Planconvexlinse zum Reflectiren der Sonnenstrahlen auf den Mikroskopspiegel. Ein jeder beliebiger Spiegel leistet dasselbe. — R. VOLK [1]: ein „Beleuchtungsapparat für Mikroskope“. Ich kenne ihn nicht. — CH. FREMONT [1] rüstet ein besonderes Mikroskop zum Untersuchen opaker Gegenstände mit einem Vertical-Illuminator aus. Bei diesem dient zum Reflectiren der seitlich durch die übliche Oeffnung in den Tubus eintretenden Lichtstrahlen auf das Object ein Concavspiegel, welcher zu heben und zu senken ist. Eigentlich nichts Neues. Die in diesem Jahr in den Handel gebrachte Form des Vertical-Illuminators der Firma C. ZEISS [3], mit Schaltring zwischen Tubus und Objectiv zum Einsetzen des reflectirenden Prismas, welches die Hälfte der Oeffnung des Objectivs einnimmt, ist besser.

In einem Artikel, welcher auch im Arch. Mikr. Anat. abgedruckt wurde **1896**

(s. J. Rheinberg [1a]), beschreibt J. Rheinberg [1] 1896 ein Verfahren, dem mikroskopischen Bilde von ungefärbten Objecten eine Farbe zu verleihen, welche mit der des freien Gesichtsfeldes contrastirt. Abgesehen davon, dass wir auch dann eine praktisch genommen contrastirende Färbung vor uns haben, wenn das Object mit mehr oder weniger dunkelgrauer bis schwarzer Zeichnung im weissen Gesichtsfelde erscheint, waren zu diesem Zwecke zwei Verfahren im Gebrauch. Das eine beruht auf Polarisation des Lichtes durch das Object, das andere auf Ablenkung der Lichtstrahlen durch das Object bei Dunkelfeldbeleuchtung. Die von Rheinberg vorgeschlagene Methode unterscheidet sich im Princip von der Dunkelfeldbeleuchtung gar nicht. Er benützt statt Centralblenden, welche die axialen Strahlen ganz abschneiden, solche Glasscheiben, deren centrale Zone anders gefärbt ist, als die Peripherie. Diese können, ebenso wie die Centralblenden, entweder vor dem Condensor in den Beleuchtungskegel oder hinter dem Objectiv, in den vom Objectiv austretenden Lichtkegel eingeschaltet werden. Im letzteren Fall bringt man sie entweder zwischen der Hinterlinse des Objectivs und dessen hinterer Brennebene, oder, was seltener nothwendig wird, zwischen den Linsen des Objectivs selbst an. Immer wirken sie dadurch, dass sie den axialen und mit der Achse überhaupt einen geringeren Winkel bildenden Strahlen eine andere Farbe geben, als den mit der Achse einen grösseren Winkel bildenden. Das freie Gesichtsfeld wird durch die axialen Strahlen, die gröbere Structur, die Umrisse, durch die mit der Achse in der Regel einen geringen Winkel bildenden Strahlen im mikroskopischen Bilde dargestellt, falls die Apertur des Beleuchtungskegels gering ist. Dagegen entsteht das Bild der feineren Structur eines beugenden Objectes nur bei Mitwirkung der Lichtbüschel, die infolge der Diffraction stärker von der Achse abgelenkt wurden. Also wird das freie Gesichtsfeld, eventuell auch die Umrisse des Objectes in einer anderen Farbe erscheinen, als die feineren Structurbestandtheile, sobald man eine Scheibe mit verschieden gefärbtem Centrum und Peripherie hinter dem Objectiv in den Weg der Lichtstrahlen einschaltet. Hat man ein Objectiv von im Verhältniss zur Feinheit der Objectstructur geringer Apertur, so können eventuell nur von solchen Elementarbüscheln abgebeugte Büschel in das Objectiv eintreten, welche mit der Achse einen grösseren Winkel bilden. Solche enthält ein Beleuchtungskegel von entsprechender Apertur. Wenn die centralen Strahlen dieses Beleuchtungskegel durch eine vor dem Condensor eingelegte Scheibe anders gefärbt werden, als die schieferen, so werden die feineren Structurelemente im mikroskopischen Bilde ebenfalls anders gefärbt erscheinen, als das freie Gesichtsfeld. So gestaltet sich die Methode Rheinberg's zu einer Demonstration der Richtigkeit der Abbe'schen Theorie der Entstehung des Structurdetails im Diffractionsbilde. Die von Abbe entdeckte Rolle der abgebeugten Strahlen im Erzeugen des Diffractionsbildes (nicht im Erzeugen des mikroskopischen Bildes überhaupt, s. w. o. p. 513 u. f., sowohl als auch p. 577 u. f.) war aber auch so schon zur Genüge erwiesen, und eine andere, praktische Bedeutung hat die Methode absolut nicht. Die graue bis schwarze Zeichnung eines jeden bei gewöhnlicher Beleuchtung erhaltenen Diffractions- oder Refractionsbildes (s. oben wiederholt) contrastirt weit mehr mit dem weissen Untergrund, als auf einem solchen die mit der Rheinberg'schen Methode erhaltene rothe, blaue oder grüne

Zeichnung, oder eine rothe Zeichnung auf grünem Grunde, oder was für Farben sie auch dem mikroskopischen Bilde zu verleihen vermag. Noch weniger erhöht sie in irgend welcher Weise die Objectähnlichkeit des Bildes, so dass sie, würde sie nicht in anderer Hinsicht ein interessantes Experiment abgeben, eine reine Spielerei zu nennen wäre. Die verschiedenen praktischen Vortheile, die Rheinberg (p. 453-456 in [1a]) aufzählt, sind illusorisch.

W. Behrens [8] beschreibt den mit fest angebrachter Irisblende versehenen Mikroskoptisch von Meyer & Co. Zürich, er hält ihn aber nicht für besonders praktisch. Aehnliche Vorrichtungen halten wir, wie gesagt, überhaupt nicht für zweckmässig. Behrens glaubt „im Gegensatz zur Theorie“ versichern zu können (p. 293), dass es für viele histologische Objecte unbedingt nöthig ist, ohne Condensor, mit gewöhnlicher Blende zu beobachten. „Histologische Objecte“ kenne ich keine solche. Nothwendig wird die Entfernung des Condensors, aber auch jeglicher Blende, nur bei der Untersuchung mit sehr schwachen Vergrösserungen, bei welchen man ein überaus grosses objectives Gesichtsfeld hat.

A. Rejtö [1] beschreibt 1897 das „Metallmikroskop“ von C. Reichert, welches zum Untersuchen von Metallen, Aetzfiguren und anderen undurchsichtigen Objecten dient. Es ist darin ein Vertical-Illuminator auf die von Ch. Fremont [1] (s. oben) vorgeschlagene Weise angebracht. — E. J. Keeley [1]: Erzielen von „monochromatischem“ Licht mit dem Condensor. **1897**

Willibald A. Nagel [1] giebt 1898 eine Reihe Farbstoff- und andere Salzlösungen für Strahlenfilter zum Erzeugen von verschiedenem monochromatischem Lichte an. **1898**

O. Bütschli [3] erörtert in seinem grossen Werke über nichtzellige Structuren auch seine Beobachtungsweise noch einmal. Er zieht dem Auer-schen Glühlicht (p. 9) „eine starke Petroleumlampe vor, da bei sehr subtilen Untersuchungen mit starken Vergrösserungen und sehr verengter Blende Variationen in der Beleuchtungsstärke recht stören und die nothwendige Ruhe des Beobachters beeinträchtigen.“ Sogar das beste Glühlicht sei jedoch etwas unruhig, während die Petroleumlampe ein ganz gleichmässiges, ruhiges Licht liefere. Bei der Untersuchung feiner Structuren mit stärksten Apochromaten und Compensationsocularen sei eine intensive Lichtquelle dringendes Bedürfniss, denn je feiner die Structuren, umso nöthiger die Verwendung möglichst parallelen Lichts, d. h. einer sehr engen Blende. Diese lasse sich aber nur anwenden, wenn die Lichtquelle eine recht starke ist. Dem gegenüber möchte ich betonen, dass ich mich wegen der Unruhigkeit des Auer'schen Lichtes nie zu beklagen hatte, dagegen die ungenügende Intensität und die gelbe Färbung des Petroleumlichtes besonders bei reinen Absorptionsbildern, welche in allen Fällen zu ermöglichen ich für das hauptsächlichste Ziel der modernen Mikrotechnik halte, sehr oft unangenehm empfand. Bütschli bekommt aber mit seiner Beleuchtungsweise nicht einmal Refractionsbilder zu sehen, sondern ein sehr unvollständiges Theilbild, das Diffractionsbild; er arbeitet also mit Bildern, die oft unmöglich zum richtigen Verständniss der vorliegenden Structurverhältnisse führen können. Er verschlechtert noch dazu diese Bilder mit den Definitionsfehlern der stärksten Compensationsoculare, Nr. 12 und 18,

er möchte sogar noch stärkere wünschen (p. 10). Und doch glaubt er, gegen ABBE, auf die Objectähnlichkeit seiner Bilder vertrauen zu können, einfach deshalb, weil isolirte kleine Elemente dieselben Erscheinungen zeigen, wie isolirte grosse, deren Beschaffenheit man schon kennt, und weil er findet (p. 30), „dass, wenn zahlreiche solche Elemente dicht zusammenliegen, sie ganz dieselben mikroskopischen Abbilder geben wie im isolirten Zustand und zwar ebenfalls wieder ohne wesentlichen Unterschied, ob die Elemente gross oder klein, ja kleinste sind“. Allerdings kennt BÜTSCHLI nur den Standpunkt ABBE's, welchen dieser [2] 1873 veröffentlichte, wo er noch einen Unterschied machen zu müssen glaubte in der Entstehungsweise des Structurbildes und des Contourbildes. Dass nach der erweiterten Theorie der secundären Abbildung ABBE's [16] und [16a] seit 1880 auch „Zaunpfäler“, sofern sie nicht selbstleuchtend sind, auf dieselbe Weise wie *Amphipleura*-Streifen unter dem Mikroskop abgebildet werden müssen, scheint BÜTSCHLI nicht zu wissen. Auf p. 513 u. f. zeigten wir an der Hand von *Triceratium*, dass das mikroskopische Bild, insofern es ein Diffractionsbild in unserem Sinne ist, wirklich nichts mit der wahren Structur des Objectes zu thun haben braucht, dass aber das mikroskopische Bild nicht nothwendiger Weise ein solches Diffractionsbild sein muss, sondern auch ein dioptrisches Bild sein kann, welches, falls es ein Refractionsbild ist, leicht zu Täuschungen führt, wenn es aber ein reines Absorptionsbild ist, leicht gedeutet werden kann und absolut objectähnlich ist. Wir müssen also danach trachten, das bei einer Beleuchtung mit engem Strahlenkegel entstandene unvollständige Diffractionsbild zu einem dioptrischen Bilde zu ergänzen. BÜTSCHLI sucht dagegen, durch möglichste Verengung der Apertur des beleuchtenden Strahlenkegels, einem jeden dioptrischen Bilde gewissermassen ein recht auffälliges Diffractionsbild zu superponiren und ersteres zu eliminiren. Die Erfahrungen der neueren Mikrotechnik, welche ich ihm gegenüber ([9] 1893) geltend gemacht habe, berücksichtigt er überhaupt nicht. Die mikroskopischen Bilder feiner Structuren erörtert er p. 11—29 ganz von dem Standpunkte der ersten Auflage von NÄGELI und SCHWENDENER [1] 1865—1867, als ob es eine secundäre Abbildung, trotzdem er alle Bedingungen derselben realisirt, überhaupt nicht gäbe und als ob die Linsenwirkung von 0·5 μ grossen Kügelchen auch unter diesen Bedingungen ebenso gut im mikroskopischen Bilde zur Geltung käme, wie die von 50 μ grossen Kugeln. Wir sahen p. 521 u. f., dass man eine Ablenkung der Lichtstrahlen selbst durch Gegenstände, deren lineare Ausmasse nicht einmal eine Wellenlänge erreichen, nachweisen kann; diese Ablenkung kommt aber als solche nur dann im mikroskopischen Bilde zur Geltung neben der durch die Accelaration und Retardation der Wellenbewegung des Lichtes überhaupt bedingten Diffraction, wenn das Diffractionsbild möglichst ausgelöscht ist, also bei einer möglichst grossen Beleuchtungsapertur, welche eben noch recht bemerkbare Lichtkontraste für das Refractionsbild übrig lässt. Es ist wahr, dass die Objecte BÜTSCHLI's bei dieser Untersuchung weder von Haus aus genügend gefärbt waren, noch in den meisten Fällen eine Tinction zulassen, dass also reine Absorptionsbilder ziemlich ausgeschlossen sind; Refractionsbilder geben aber alle, und BÜTSCHLI hätte diese so wenig wie nur möglich zu einem Diffractionsbild reduciren, also stets die weitmöglichste Blende und einen aplanatischen

Condensor mit in die vordere Objectivöffnung projicirter Lichtquelle benützen sollen. Allein es wird bei ihm zwischen Condensorbeleuchtung und einfacher Spiegelbeleuchtung kein Unterschied gemacht, sondern nur von weiter und enger Blende gesprochen, ja der Condensor mit Vorliebe ganz entfernt. Auf diese Weise halten wir es nicht für ausgeschlossen, dass die in diesem grossen Werke niedergelegten Beobachtungen zum Theil leider wieder auf Täuschungen beruhen, ebenso wie im anderen grossen Werke BÜTSCHLI's [2] aus 1892 über das Protoplasma, wenn wir auch FLEMMING's ([15] 1899) Urtheil nicht unterschreiben möchten, nach welchem (p. 7) „der grösste betreffende Theil von BÜTSCHLI's Werk" „eine Sammlung von Täuschungen genannt werden" darf, „die aus Artefacten erschlossen sind". Am meisten schaden BÜTSCHLI's Beobachtungen die optischen Artefacte, die aus seiner Beobachtungsweise entspringen.

W. GEBHARDT [1] meint 1899, dass die Dunkelfeldbeleuchtung deshalb so sehr von den Mikrographen vom Fach vernachlässigt wird, weil sie so, wie sie gewöhnlich ausgeführt wird, nur bei Objectiven mit geringer Apertur zu verwenden ist. Die von der Firma ZEISS dem ABBE'schen Beleuchtungsapparat beigegebene Dunkelfeldblende giebt nur bei schwachen Objectiven von bis 0·30 N. A. Dunkelfeldbeleuchtung. GEBHARDT's Erörterungen, welche eigentlich nichts Neues enthalten, laufen darauf hinaus, dass man für jede Objectivapertur besondere Centralblenden in den Beleuchtungsapparat einlegen und auch die Objectivapertur in bestimmtem Grade durch Blendscheiben über der Hinterlinse einengen muss. Trockenobjective von grösserer Apertur und Immersionssysteme erfordern natürlich einen Beleuchtungskegel von grösserer numerischer Apertur als 1·00. Einen solchen bekommt man selbst mit dem Beleuchtungsapparat von 1·40 N. A. nur durch Immersion des Condensors. Die Firma ZEISS liefert die nach Angabe von GEBHARDT nöthigen Central- und Objectivblenden für die verschiedenen Objectivsysteme. — AUG. KÖHLER's [2] monochromatische Beleuchtungsmethode ist eine Modification der oben (p. 416—418) besprochenen desselben Autors. Er stellt den Condensor so tief, dass die Blendenebene zur Objectebene conjugirt sei, und dann projicirt er das Bild eines so breiten Spectrums in die Blendenebene des Condensors, dass die ganze Blendenöffnung von einer bestimmten Farbe eingenommen werde. Auf diese Weise erhält er das Bild des betreffenden Theiles des Spectrums in der Objectebene, also im Gesichtsfelde. — E. J. KEELEY [2] schlägt eine Correctionsfassung für den achromatischen Condensor als etwas Neues vor. Wie wir sahen, wurde eine solche bei einem POWELL & LEALAND'schen Condensor auf E. M. NELSON's [18] Anregung schon angebracht. — E. J. KEELEY [3]: Altes über verticale Beleuchtung. — JULIUS RHEINBERG [2]: Nähere Angaben über die für verschiedene Zwecke am besten gefärbten Blenden. Ein kleiner Apparat zum raschen Wechsel der Blenden im Condensor, welcher die praktische Bedeutung der Methode keineswegs erhöht, sie aber zur Belustigung von gelehrten Dilettanten umso geeigneter macht.

1899

G. Methoden der Beleuchtung des mikroskopischen Präparates mit polarisirtem Licht für biologische Zwecke und Einiges über die Methoden der Bestimmung des Lichtbrechungsvermögens mikroskopischer Gegenstände.

Die Beobachtung im polarisirten Lichte dient für uns in erster Linie zum Nachweis der doppelten Lichtbrechung gewisser Bestandtheile unseres Gegenstandes, sowohl als auch zum Bestimmen des Charakters dieser Doppelbrechung, damit wir auf diesem Wege objective Unterscheidungsmerkmale gewinnen. Zweitens dient sie zum Nachweis des Pleochroismus von natürlich oder künstlich gefärbten Structurbestandtheilen. Drittens kann sie, wie wir oben bereits sahen, überhaupt zum Nachweis der Strahlenablenkung von Seiten solcher Elemente dienen, deren lineare Ausmasse zu klein sind, um eine direct zu beobachtende Ablenkung der Strahlen zu bewirken.

In diesem Abschnitt können wir aber auch diejenigen Methoden nicht unerwähnt lassen, welche die Bestimmung des Brechungsindex von Substanzen in mikroskopischer Quantität bezwecken, weil, wie O. Israel [5] 1898 sehr richtig betont, der Brechungsindex an und für sich ein objectives Merkmal ist, welches gleich aussehende mikroskopische Structurbestandtheile genau zu unterscheiden gestattet. Leider geht die Leistung der besten solcher Methoden nicht über die Bestimmung des Brechungsindex von Gegenständen, welche eine mindestens 30 μ dicke planparallele Schichte bilden, und nicht über eine 100fache Vergrösserung. Deshalb können wir sie bei feineren mikroskopischen Analysen der Structurverhältnisse heute überhaupt noch nicht heranziehen. Ich will mich also mit der kurzen Besprechung der wichtigsten Verfahren begnügen.

Die Beleuchtung mit polarisirtem Lichte ist auch unser einziges Mittel, die doppelte Lichtbrechung mikroskopischer Gegenstände nachzuweisen. Bekanntlich wird der linear polarisirte Lichtstrahl durch die doppelt brechende Substanz, bei geeigneter Richtung der Schwingungsebene des Strahls zu den wirksamen Elasticitätsachsen des Lichtäthers in der Substanz, in zwei auf einander rechtwinkelig polarisirte Componenten zerlegt. Diese beiden Componenten erleiden eine verschiedene Verzögerung ihrer Wellenbewegung, und sie können mit einander zur Interferenz gebracht werden, wenn wir ihre Wellenbewegung auf eine Ebene zurückführen. Aus diesen Interferenzerscheinungen des durch die zu ermittelnde doppeltbrechende Substanz decomponirten polarisirten Lichtstrahls schliessen wir auf die doppelte Lichtbrechung dieser Substanz. Wie man sich die dabei stattfindenden Erscheinungen zu erklären hat, das sollen die folgenden Erörterungen dem Leser, bei dem die sonst nöthigen physikalischen Kenntnisse vorausgesetzt werden, ins Gedächtniss rufen, damit wir uns in unserem geschichtlichen Ueberblick möglichst kurz fassen können.

Trotzdem nun die doppelte Lichtbrechung, am isländischen Kalkspath durch ERASMUS BARTHOLINUS [1], seit 1669 entdeckt war, wurde die Möglichkeit des Nachweises der doppelten Lichtbrechung mikroskopischer Gegenstände erst anderthalb Jahrhunderte später, dadurch gegeben, dass ÉTIENNE LOUIS MALUS [1] 1808 die Polarisation des Lichtes durch Reflexion entdeckte. (Die erste genauere Beschreibung seiner Versuche erschien ([2]) erst 1811 in deutscher Sprache. Vielleicht kommt es daher, dass in MÜLLER-POUILLET [1] p. 972 1811 als Datum der Entdeckung der Polarisation des Lichtes angegeben ist.) **1808-1811**

Schon wenige Jahre später benutzte BREWSTER [9], als erster, 1814 polarisirtes Licht bei mikroskopischen Untersuchungen verschiedener mineralischer, animalischer und vegetabilischer Körper, welche er [10] 1816 weiter ausdehnte, namentlich auf die Kristalllinse verschiedener Thiere. Er benutzte hierbei zwar vorwiegend das einfache Mikroskop, doch sagt er [7] 1837 p. 96, schon zu dieser Zeit auch das zusammengesetzte gebraucht zu haben, „wenn stärkere Vergrösserung nöthig, oder die Structur durch einen Künstler zu zeichnen war." Schon BREWSTER wandte alle möglichen Methoden auch beim Mikroskop an, um das Licht zu polarisiren. **1814-1816**

Das Licht kann nämlich polarisirt werden: a) durch Reflexion der Lichtstrahlen, b) durch einfache Brechung, c) durch doppelte Brechung.

Polarisation durch Reflexion. Einen nahezu vollständig polarisirten Lichtstrahl erhält man durch Spiegelung, wenn man ein dünnes Strahlenbündel, welches vorher noch nicht reflectirt gewesen ist, auf eine hinten geschwärzte Glasplatte oder auf eine Platte aus schwarzem Glas unter 55° auffallen lässt. Statt aus Glas kann man Polarisationsspiegel auch aus anderem, am besten glasartigen Material, z. B. aus Obsidian, anwenden. Amalgamirte oder Metallspiegel sind für Polarisationszwecke nicht zu benutzen. Auf Spiegeln aus verschiedenem Material muss der Lichtstrahl unter verschiedenem Winkel, dem Polarisationswinkel, auffallen, wenn er vollständig polarisirt werden soll.

Die Undulationstheorie des Lichtes nimmt an, dass die Schwingungen, in welche die Aethertheilchen durch die Fortpflanzung des Lichtstrahls versetzt werden, stets vertical auf der Fortpflanzungsrichtung, aber in unendlich raschem Hintereinander in allen Ebenen erfolgen, welche man sich durch die Fortpflanzungsrichtung der Lichtbewegung, d. h. durch den Lichtstrahl, gelegt denken kann. Auf dem Wege des linear polarisirten Lichtstrahls schwingt dagegen jedes durch die Lichtbewegung betroffene Aethertheilchen nicht nur in einer geraden Linie, welche vertical auf dem Strahl steht, sondern die Schwingungen der durch die Fortpflanzung der Lichtbewegung hintereinander in Bewegung gesetzten Aethertheilchen erfolgen in einer und derselben Ebene, in der Schwingungsebene des polarisirten Lichtstrahls. Im gewöhnlichen Licht verändert sich das Azimuth der Schwingungsverticale fortwährend, im linear polarisirten Licht bleibt es unverändert. Im circular polarisirten Licht beschreibt jedes in Bewegung gesetzte Aethertheilchen einen Kreis in einer auf dem Strahl verticalen Ebene, im elliptisch polarisirten Licht dagegen eine Ellipse. Verkleinert sich die eine Achse der Ellipse bis auf 0, so resultirt linear polarisirtes Licht.

Es existirt eine bestimmte Lagebeziehung zwischen der Einfalls- oder der mit dieser identischen Reflexionsebene, welche auch die Polarisationsebene genannt wird, und der Schwingungsebene des durch Reflexion polarisirten Lichtstrahls, und zwar lassen sich die Erscheinungen nur so deuten, dass die Schwingungsebene entweder vertical auf der Reflexionsebene steht oder mit ihr zusammenfällt. Welche von den beiden Möglichkeiten die Wirklichkeit ist, wissen wir nicht. Wir nehmen mit der Mehrzahl der Physiker an, dass die Schwingungsebene vertical auf der Reflexionsebene und parallel der Spiegelfläche ist, dass also Schwingungsebene und Polarisationsebene bei der Reflexion (und auch allgemein) nicht identisch sind, sondern auf einander vertical stehen.

Stellt man in den Weg des durch Spiegelung vollständig polarisirten Strahls einen anderen Spiegel in der Weise parallel mit dem polarisirenden Spiegel, dass die Reflexionsebene des zweiten Spiegels parallel mit der Reflexionsebene des polarisirenden Spiegels sei, dann wird der polarisirte Strahl vollkommen reflectirt. Dreht man aber den zweiten Spiegel so, dass seine Reflexionsebene vertical auf der Reflexionsebene des polarisirenden Spiegels stehe, so reflectirt der zweite Spiegel den polarisirten Strahl nicht. In den Zwischenlagen wird nur ein Bruchtheil reflectirt. Dadurch überzeugt man sich davon, dass das Licht durch die Reflexion vom ersten Spiegel polarisirt wurde. Schon Brewster nennt die dem ersten Spiegel entsprechende beliebige Vorrichtung Polarisator (polariser), die dem zweiten Spiegel entsprechende polarisirende Vorrichtung Analysator (analyser).

Brewster [12] entdeckte 1815 das Gesetz, dass der durch Reflexion von durchsichtigen Körpern vollkommen polarisirte Strahl vertical steht auf dem durch die betreffende Substanz unter Brechung hindurchgelassenen Theil des einfallenden Strahls. Demnach ist der Polarisationswinkel gleich demjenigen Einfallswinkel, bei dem der reflectirte Strahl vertical auf dem gebrochenen Strahl steht (p. 125); der Polarisationswinkel ist derjenige Einfallswinkel, dessen trigonometrische Tangente dem Brechungsindex der reflectirenden Substanz gleich ist. Für Glas ist er natürlich je nach dem Brechungsindex der betreffenden Glassorte verschieden, etwas mehr oder weniger als 56°. Weil der Brechungsindex für Lichtstrahlen von verschiedener Wellenlänge verschieden ist, so folgt aus diesem Gesetze, dass man weisses Licht weder durch Spiegelung noch durch gewöhnliche Brechung vollständig polarisiren kann. Deshalb sind weder die in die erste, noch die in die zweite Kategorie gehörenden Polarisationsvorrichtungen für schwierigere mikroskopische Untersuchungen geeignet.

Polarisirung durch Brechung. Das zweite Mittel, polarisirtes Licht zu erhalten, ist nämlich, wie gesagt, die gewöhnliche Brechung. Wenn Licht von einer Glasplatte reflectirt wird, so ist nicht nur die reflectirte, sondern auch die durch das Glas gehende Componente des unter 56° einfallenden Strahls polarisirt, letztere allerdings in einem geringeren Grade. Geht aber das Licht durch mehrere parallel hinter einander gelegte Glasplatten, durch einen Glasplattensatz, so kann es eine hochgradige Polarisation erhalten. Die Schwingungsebene der Aethertheilchen im gebrochenen polarisirten Strahl steht vertical auf der Schwingungsebene der Aethertheilchen im reflectirten polarisirten Strahl. Nehmen wir an, dass

sie im Letzteren auf der Reflexionsebene vertical ist, so müssen wir annehmen, dass sie im Ersteren mit der Brechungsebene zusammenfällt. Benützen wir also einen Glasplattensatz als Polarisator, einen Glasspiegel als Analysator, so wird der Spiegel kein Licht reflectiren, wenn die Einfallsebene der Lichtstrahlen auf den Spiegel parallel der Einfallsebene derselben auf den Glasplattensatz ist, dagegen alles Licht reflectiren, wenn diese Ebenen vertical auf einander sind.

Polarisation durch Doppelbrechung. Die Polarisation durch doppelte Lichtbrechung hängt damit zusammen, dass gewisse Substanzen das von ihnen gebrochene Licht in zwei Componenten zerlegen, welche eine verschiedene Verzögerung beim Durchgange durch die Substanz erleiden und deshalb in verschiedenem Grade gebrochen werden, sie verhalten sich also beim Austritt wie zwei verschiedene confocale Strahlen. Der eine dieser Strahlen folgt in gewissen Fällen der Doppelbrechung, nämlich durch optisch einachsige Substanzen, z. B. Kalkspath u. s. w., den Brechungsgesetzen des gewöhnlichen Lichtstrahls und diesen nennen wir den ordentlichen oder ordinären Strahl; der andere Strahl folgt diesen Gesetzen im Allgemeinen nicht, wir nennen ihn daher den ausserordentlichen oder extraordinären Strahl. In anderen doppeltbrechenden Körpern, nämlich in den optisch zweiachsigen Substanzen, folgt keiner der beiden Strahlen dem SNELLIUS'schen Gesetz.

Immer sind aber beide Strahlen polarisirt, und zwar steht die Schwingungsebene der Aethertheilchen in beiden Strahlen senkrecht aufeinander, d. h. die zwei Strahlen sind rechtwinklig zu einander polarisirt. Da also ihre Schwingungen in verschiedenen Ebenen erfolgen, so können sie mit einander, trotzdem sie confocal sind, nicht ohne Weiteres interferiren.

Man erhält nun in einer bestimmten Richtung polarisirtes Licht, wenn man einen der zwei Strahlen von der Beobachtung ausschliesst. Dies kann entweder dadurch geschehen, dass man durch ein Diaphragma mit passender Oeffnung und in passender Lage den einen Strahl abschneidet, oder zweitens dadurch, dass man einen der Strahlen durch totale Reflexion ablenkt, oder drittens, dass man zum Polarisiren eine solche doppeltbrechende Substanz wählt, welche bei einer gewissen Stellung ihrer Krystallachse nur einen der beiden Strahlen hindurchlässt. Zu dem ersten Verfahren benützt man z. B. entweder grosse Kalkspath-Rhomboëder oder achromatisirte Kalkspathprismen; zum zweiten dienen die verschiedenen Modificationen des aus einem Kalkspathrhomboëder zurecht geschnittenen NICOL'schen Prismas, kurz des Nicols, zum dritten z. B. Turmalinplatten, welche parallel der krystallographischen Hauptachse des Turmalins geschnitten sind.

Im Kalkspathrhomboëder finden die Schwingungen des ordentlichen Strahles senkrecht auf dem sogenannten Hauptschnitt des Rhomboëders, d. h. senkrecht auf der Richtung der krystallographischen, zugleich auch optischen Achse statt, in einem Spaltungsrhomboëder in passender Lage nach der längeren Rhombendiagonale; dagegen erfolgen die Schwingungen des ausserordentlichen Strahls im Hauptschnitt, also in einer mit der krystallographischen Hauptachse parallelen Ebene, beziehungsweise nach der kürzeren Rhombendiagonale. Wir setzen bei dieser Annahme wieder voraus, dass die Schwingungen des durch Spiegelung

polarisirten Strahls in einer auf der Einfallsebene verticalen Ebene, parallel mit der Spiegelebene erfolgen. Die Schwingungen eines Lichtstrahls, welcher durch eine Turmalinplatte gegangen ist, müssen in einer mit der krystallographischen Hauptachse des Turmalins parallelen Ebene stattfinden.

Man nennt die mit diesen Schwingungsebenen des polarisirten Lichtes parallelen Ebenen der betreffenden polarisirenden Vorrichtung schlechthin auch Schwingungsebene der Vorrichtung. Nach unserer Annahme bezüglich der Lage der Schwingungsebene des extraordinären Strahls im Kalkspathprisma ist der Hauptschnitt des NICOL'schen Prismas, da dieses nur den extraordinären Strahl durchlässt, seine Schwingungsebene; sie ist also parallel der kürzeren Diagonale der oberen Grenzfläche des Prismas. (Die kürzere Diagonale ist bei dem unter dem Mikroskop angebrachten Nicol diejenige, deren beide Endpunkte ungleich hoch liegen.) Dagegen pflegt man als Polarisationsebene des Nicols die Ebene zu bezeichnen, welche parallel der Achse des Prismas und seiner längeren Diagonale geht, gleichviel in welcher Richtung der extraordinäre Strahl schwingen mag.

Der Brechungsindex des ordinären Strahls im Kalkspath ist, in welcher Richtung sich auch der Lichtstrahl darin fortpflanzt, 1·6585 (für Natriumlicht oder die FRAUNHOFER'sche Linie D). Der Brechungsindex des extraordinären Strahls wechselt je nach der Richtung des Strahls im Kalkspath zwischen 1·6585 und 1·4865. Also pflanzt sich hier im Allgemeinen, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in einem Medium umgekehrt proportional dem Brechungsindex dieses Mediums ist, die Wellenbewegung des extraordinären Strahls rascher fort, als die des ordinären. Den grössten Brechungsindex zeigt der extraordinäre Strahl, wenn der einfallende Strahl mit der krystallographischsn Hauptachse des Kalkspaths parallel ist; in diesem Falle, in welchem sich beide Strahlen gleich rasch fortpflanzen, findet also keine doppelte Lichtbrechung statt; den kleinsten Brechungsindex zeigt der extraordinäre Strahl, so oft der eintretende Strahl senkrecht auf der Hauptachse steht. Auch der ausserordentliche Strahl bleibt in der Einfallsebene nach dem SNELLIUS'schen Gesetze, wenn diese parallel der Hauptachse ist.

Eine solche Abhängigkeit der Wellenbewegung von der Lage des eintretenden Strahls zu den Krystallachsen (oder überhaupt zu den Achsen des Elasticitätsellipsoids des Lichtäthers, siehe gleich weiter unten) zeigt sich in allen einachsig doppeltbrechenden Körpern. Nur ist bald der maximale, bald der minimale Brechungsindex des ausserordentlichen Strahls gleich dem des ordentlichen. Krystalle, die das erstere Verhältniss zeigen, wie z. B. der Kalkspath, nennen wir optisch negative; solche, die das letztere Verhältniss zeigen, wie z. B. Quarz, nennen wir optisch positive. D. h. in positiven einachsigen Medien pflanzt sich die Wellenbewegung des ordinären, in negativen die des extraordinären Strahls rascher fort, ausser wenn der einfallende Strahl die Richtung der krystallographischen Hauptachse besitzt, in welchem Fall kein Unterschied vorhanden ist, sondern die Wellenbewegung entweder mit der maximalen oder mit der minimalen Schnelligkeit fortschreitet.

Man pflegt auch organische, nicht krystallartige doppelt brechende Substanzen, wie die uns hauptsächlich interessirenden doppelt brechenden





